



Nuno Afonso Alves de Oliveira Filipe

Licenciado em Ciências da Engenharia Química e Bioquímica

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e da Filtração

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheira Maria José Sousa, Sensory and Microbiology
Quality Control Manager, SCC

Co-orientador: Professor Doutor Mário Fernando
Eusébio, Professor Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Pedro Miguel Calado Simões
Professor Auxiliar com Agregação, FCT-UNL

Arguente: Miguel Cardoso de Carvalho
Beer Processing Manager, SCC

Vogal: Maria José Teixeira Gonçalves de Sousa
Sensory and Microbiology
Quality Control Manager, SCC



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

[Setembro 2019]

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Nuno Afonso Alves de Oliveira Filipe

Licenciado em Ciências da Engenharia Química e Bioquímica

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e da Filtração

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheira Maria José Sousa, Sensory and Microbiology
Quality Control Manager, SCC

Co-orientador: Professor Doutor Mário Fernando
Eusébio, Professor Auxiliar, FCT-UNL

[Setembro 2019]

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e da Filtração

Copyright © Nuno Afonso Alves de Oliveira Filipe Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha família e ao meu grande amigo Luís Ruas que estará sempre presente connosco.

Agradecimentos

Sendo esta a fase terminal da minha vida académica e, por conseguinte, uma das fases mais importantes da minha vida é crucial agradecer a algumas pessoas que contribuíram para que isto fosse possível.

Primeiramente agradecer coletivamente à SCC pela oportunidade de poder estagiar numa empresa líder nacional na produção de cervejas e sidras, pelo bom ambiente e sobretudo pela maturidade que adquiri durante estes 6 meses, quer a nível profissional quer a nível pessoal.

Um sentido agradecimento à Engenheira Maria José Sousa, pela sua orientação durante estes 6 meses, contribuindo assim para que tivesse não só conhecimento ao nível da indústria cervejeira como também conhecimento do mundo empresarial.

Um forte agradecimento à Engenheira Sofia Ferreira e ao Doutor Miguel Carvalho pela paciência e pelas críticas construtivas em prol de uma pessoa mais madura profissionalmente, mesmo não sendo meus orientadores.

À Produção, um agradecimento às equipas das Adegas e Filtração por terem partilhado o seu conhecimento. Nas Adegas, um agradecimento aos Team Leaders: José Caneira, Pedro Pereira e Ricardo Freitas por terem partilhado conhecimento não só no processo em si mas também ao nível dos pontos críticos a nível microbiológico e nomeadamente pela sua disponibilidade nas auditorias de Higiene. Na Filtração, um destaque igualmente para os Team Leaders: Adiel Santos, Luis Figueiredo, Rui Farinha e Tiago Soares e um especial destaque aos operadores Ailson Santos, Frederico Gião e José Sousa igualmente pelo apoio prestado ao nível dos conhecimentos desta etapa do processo cervejeiro e ao nível da microbiologia e pela boa disposição.

À equipa do Laboratório, com especial destaque à Margarida Botas e à Sónia Mendes por me terem explicado todo o funcionamento do laboratório e por todo o apoio em geral. Um agradecimento também à equipa de laboratório da Fisico-Química, especialmente à Liliana Fernandes e à Maria Tomás pela boa disposição.

No que diz respeito à faculdade, é capital agradecer ao Professor Mário Eusébio por todo o acompanhamento desde o primeiro dia na empresa até ao último, contribuindo continuamente com ideias no sentido de valorizar este trabalho.

Um Obrigado aos meus amigos e colegas de estágio: Bruna Coelho, Francisco Santos, Gonçalo Vieira, Inês André, Inês Eugénio, João Gonçalves e Sebastião Bandeira por sermos um grupo coeso e por, mesmo não estando dentro do tema da tese, contribuíram com ideias e críticas construtivas para dar valor ao meu trabalho.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Não poderia deixar de agradecer à minha mãe, ao meu pai e à minha irmã por todo o apoio durante toda a minha vida e no desenvolvimento desta dissertação, por todo o esforço e, sobretudo, por serem uma família muito presente.

Por fim resta me agradecer aos meus amigos; sobretudo ao Henrique Albuquerque, ao Pedro Cantinho e ao Tiago Carolo; por terem contribuído indiretamente para este trabalho e por terem suportado os meus altos e baixos, sobretudo durante estes 6 meses.

A TODOS MUITO OBRIGADO!

Resumo

A competitividade do mercado cervejeiro tem evoluído drasticamente nas ultimas décadas, como tal, o foco na melhoria contínua da cerveja tem sido cada vez maior também. Por conseguinte, a Qualidade tem sido um dos aspectos cruciais que demarca uma marca de cerveja de outra.

Sendo assim, os objetivos deste trabalho recaem na melhoria do *First Time Right*, FTR, da Fermentação e da Filtração, que é o indicador que diz respeito à taxa de sucesso microbiológico de uma dada etapa do processo. Sendo que, ao aumentar estes dois indicadores, irá-se contribuir positivamente para o aumento do FTR microbiológico global, uma das prioridades da cervejeira.

Este trabalho foi desenvolvido por uma equipa multidisciplinar, pretende-se melhorar o nível de qualidade microbiológica da cerveja, isto é, sem contaminações e sem sabores relacionados com essas contaminações. A partir de uma procura exaustiva pela melhoria em contínuo, isto é, trabalhando para um FTR acima de 93.0 % e 91.0 % para a Fermentação e Filtração, respetivamente, através de uma rota de redução de defeitos microbiológicos que se rege essencialmente pela análise de pontos críticos e consequente implementação de acções de melhoria é possível liderar na Qualidade da cerveja o que permite chegar a um melhor nível TPM.

Em 2018, o Indicador (FTR) Micro Global acumulado foi de **73.2%** sendo que o Indicador microbiológico da Fermentação foi de **87.5%** e o da Filtração foi de **84.3%**.

Foram delineadas e implementadas mais de 30 acções de melhoria, considerando que aquelas que trouxeram um balanço mais positivo foram as que geraram muito benefício com pouco custo/esforço. Essas são acções que se focam essencialmente na formação e sensibilização, a nível microbiológico, das pessoas envolvidas na fermentação e filtração de cerveja.

Após o final do estágio os valores acumulados para Agosto de 2019 foram **98.5%** para a Fermentação e **92.8%** para a Filtração o que contribuíram para um valor de FTR Microbiológico global de **91.4%** o que foram ao encontro dos *targets* estabelecidos pela Cervejeira.

Palavras-chave: TPM, FTR, Fermentação, Filtração, Causa-Raiz, Qualidade, Conformidade

Abstract

The competitiveness of the beer market has drastically increased throughout the last decades, as so, the focus on the beer's continuous improvement has been stronger as well. Hence, the Quality has been one of the most crucial aspects that determines whether a beer brand is good or not.

As so, this work's goals are about the Fermentation and Filtration First Time Right, FTR, which is an indicator that concerns the microbiological success rate of a given process step. Having in consideration that, by increasing both indicators, there will be a positive contribution for the global microbiology FTR increasement, which is one of the Brewery's priorities.

This work was developed as a multidisciplinary team and the idea was to enhance the microbiological level of the beer, in other words, without any contamination or any off-flavours related to it. So, through an exhaustive search for the continuous improvement by using a very specific methodology ruled essentially by analyzing critical points and by, consequently, implementing improvement actions, it is possible to lead the Beer's Quality which makes us reach a better TPM level.

In 2018, the cumulated Global Micro Indicator was at **73.2%**, having in mind that the Fermentation microbiological indicator was at **87.5%** and the Filtration microbiological indicator was **84.3%**. 2019's Target for FTR Micro, FTR Fermentation and FTR BBT are 83,4% ,93,0% and 91,0%, respectively.

During my internship, over than 30 improvement actions were outlined and implemented, having in consideration that the ones that brought a better income were the ones that granted more benefit with few cost/effort. Those were actions that are focused, essentially, in the development and sensibilization of the people who are involved with the beer's fermentation and filtration

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

In my internship's end, the cumulated values of FTR were **98,5%** for Fermentation and **92,8%** for Filtration which contributed in a cumulated Global Micro FTR of **91,4%** which satisfied the Targets established by the Brewery.

Keywords: TPM, FTR, Fermentation, Filtration, Root Cause, Quality, Accordance

Índice Remissivo

1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO	1
1.1. História da Sociedade Central de Cervejas	1
1.2. A Estratégia Total Productive Management da HEINEKEN	2
1.3. Constatações Iniciais	3
1.3.1. O FTR Microbiológico na matriz de prioridades.....	3
1.3.2. Evolução Temporal do FTR Microbiológico nos últimos anos	4
1.3.3. Plano de Acção de 2018.....	7
1.4. Objetivos da Tese.....	8
2. INTRODUÇÃO.....	9
2.1. Matérias-Primas da Cerveja	9
2.1.1. Água	9
2.1.2. Malte.....	9
2.1.3. Cevada.....	9
2.1.4. Adjuntos.....	10
2.1.5. Lúpulo	10
2.1.6. Levedura	10
2.2. Descrição do Processo Cervejeiro.....	11
2.2.1. Maltagem	11
2.2.2. Brassagem.....	11
2.2.3. Arrefecimento e arejamento de Mosto	12
2.2.4. Propagação da Levedura.....	12
2.2.5. Fermentação	13
2.2.6. Recuperação de Levedura.....	13
2.2.7. Maturação.....	14
2.2.8. Filtração	14
2.2.9. Enchimento	14
2.3. Fatores que influenciam o crescimento microbiano	15
2.3.1. Oxigénio	16
2.3.2. pH.....	16
2.3.3. Temperatura	16
2.3.4. Nutrientes	17
2.3.5. CO ₂	17
2.4. Microbiologia da Cerveja	17
2.4.1. Bactérias Gram-Positivas	17
2.4.2. Bactérias Gram Negativas	18
2.4.3. Leveduras Selvagens	18

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

2.5.	Segurança (HACCP)	19
2.6.	Qualidade	20
2.6.1.	Filosofias	20
2.6.2.	Metodologias	21
2.6.3.	Ferramentas	22
2.7.	Limpeza e Desinfecção de Equipamentos e Linhas: O sistema CIP	24
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1.	Recolha de Amostras	27
3.1.1.	Recipientes de Recolha	27
3.2.	Tratamento da amostra	28
3.2.1.	Inoculação	28
3.2.2.	Meios de Cultura	29
3.2.3.	Incubação	30
3.2.4.	Análise de Placas	30
3.2.5.	Outros métodos de detecção	30
3.3.	Registo dos resultados	32
3.4.	Rota de Redução de Defeitos Microbiológicos	32
3.5.	Auditorias Internas de Higiene	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1.	Identificar a origem dos Defeitos	37
4.1.1.	Auditar o Laboratório de Microbiologia para garantir a confiabilidade dos resultados	37
4.1.2.	Analisar o Histórico do FTR Microbiológico	38
4.1.3.	Classificar os defeitos e fazer um gráfico de Pareto	41
4.1.4.	Listar os modos de defeito	42
4.1.5.	Fazer uma Matriz QA Preliminar	42
4.1.6.	Definir um sistema de recolha de dados	42
4.2.	Restaurar as condições iniciais e definir <i>Standards</i>	46
4.2.1.	Identificar as Áreas críticas	46
4.2.2.	Etiquetar anormalias versus desvios relacionados com o processo microbiológico/equipamento padrão, instruções de trabalho, planos de limpeza, pré-requisitos, entre outros	47
4.3.	Descobrir as principais causas de efeitos recorrentes	55
4.3.1.	Identificar os pontos prováveis de infecção	56
4.3.2.	Análise de 5 porquês para compreender as causas dos defeitos	68
4.3.3.	Atribuir 5M às causas-raíz	69
4.3.4.	Gerar Matriz QA Final	70
4.4.	Implementar acções de melhoria	73
4.4.1.	Definição de um plano de acção	73
4.4.2.	Padronizar contramedidas e standardizar	81
4.4.3.	Representar graficamente os resultados para ver o efeito dos novos standards	81

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

4.5. Analisar cada defeito e Melhorar o sistema de qualidade do processo para manter os ganhos	82
4.5.1. Determinar a Causa-Raiz de todos os desvios	82
4.5.2. Implementar um sistema para acompanhar continuamente as análises e os resultados.....	83
4.5.3. Melhorar o sistema de qualidade do processo para manter os ganhos.....	83
4.6. Resultados Finais	83
4.6.1. FTR Micro Fermentação.....	84
4.6.2. FTR Micro Filtração	84
4.6.3. FTR Microbiologia	84
5. CONCLUSÃO E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	94

Índice de Figuras

Figura 1.1- Cervejas e Sidras produzidas na SCC	2
Figura 1.2-Estrutura TPM do Grupo Heineken.....	3
Figura 1.3-Objetivos da Cervejeira para 2019	4
Figura 1.4-Evolução Temporal do FTR da Fermentação.....	5
Figura 1.5-Evolução Temporal do FTR Micro Filtração	6
Figura 1.6-Evolução Temporal do FTR Micro Beer Production	6
Figura 1.7-Evolução Temporal do FTR Microbiológico	7
Figura 2.1-Os 7 princípios do HACCP.....	19
Figura 2.2-Esquema Ilustrativo dos 5S	20
Figura 2.3-Esquema ilustrativo das etapas do UPS.....	21
Figura 2.4-O ciclo do PDCA	22
Figura 2.5-Exemplo do Esquema de funcionamento de uma CIP na SCC	25
Figura 3.1-Trajetória da inoculação por espalhamento.....	28
Figura 3.2-Etapas da Rota de redução de defeitos microbiológicos.....	33
Figura 4.1-Evolução mensal do FTR da Fermentação em 2018	39
Figura 4.2-Evolução mensal do FTR da Filtração em 2018.....	40
Figura 4.3-Evolução mensal do FTR Microbiológico global em 2018.....	41
Figura 4.4-Pareto inicial com base nas falhas de 2018	41
Figura 4.5-Micromapeamento da Fermentação	44
Figura 4.6-Micromapeamento Fermentação	44
Figura 4.7-Micromapeamento Filtração.....	45
Figura 4.8-Matriz de verificações com os scores pós-auditoria	55
Figura 4.9-Exemplo de uma trajetória de levedura	57
Figura 4.10-Gráfico de mostos com cerveja recuperada contaminados durante o tempo de análise	59
Figura 4.11- Matriz QA final com a distribuição dos 5M pelas subetapas da Fermentação.....	71
Figura 4.12- Matriz QA final com a distribuição dos 5M pelas subetapas da Filtração	72
Figura 4.13-A plataforma Planner como auxílio ao acompanhamento das ações.....	77
Figura 4.14-Matriz Benefício vs Esforço das ações delineadas.....	78
Figura 4.15-Matriz Custo vs Benefício das ações delineadas	78
Figura 4.16-Matriz de verificações com scores alusivos ao acompanhamento das ações	81
Figura 4.17-Evolução do FTR da Fermentação durante o tempo de estágio	86
Figura 4.18-Evolução do FTR da Filtração durante o tempo de estágio	87
Figura 4.19-Evolução do FTR Microbiológico global durante o tempo de estágio	88

Índice de Tabelas

Tabela 3.1-Tabela resumo referente à incubação das amostras	30
Tabela 3.2-Assuntos abordados na checklist de auditoria com a respetiva descrição sumária	34
Tabela 4.1-Constituição da equipa das auditorias de higiene e respetiva função	48
Tabela 4.2-Não conformidades observadas na etapa do arrefecimento de mosto	49
Tabela 4.3-Não conformidades observadas na etapa da Fermentação	50
Tabela 4.4-Não conformidades observadas nas salas de propagação e de leveduras	51
Tabela 4.5-Não conformidades observadas na etapa da maturação	52
Tabela 4.6-Não conformidades observadas na etapa da Filtração	54
Tabela 4.7-Resultados microbiológicos da cerveja do tanque de armazenamento de cerveja recuperada	58
Tabela 4.8-Resultados da Trajetória da Levedura	60
Tabela 4.9-Resultados Microbiológicos dos tanques da CIP das amostragens de segunda-feira.....	61
Tabela 4.10-Resultados Microbiológicos dos tanques da CIP das amostragens de sexta-feira	61
Tabela 4.11-Resultados microbiológicos das águas de enxaguamento dos tanques de levedura	62
Tabela 4.12-Resultados microbiológicos da 1ªrepetição das águas de enxaguamento dos tanques de levedura	62
Tabela 4.13-Resultados microbiológicos da 2ªrepetição das águas de enxaguamento dos tanques de levedura	62
Tabela 4.14-Resultados Microbiológicos das águas de enxaguamento do circuitos de recuperação da Levedura	63
Tabela 4.15-Resultados Microbiológicos da 1ªrepetição das águas de enxaguamento do circuitos de recuperação de levedura	63
Tabela 4.16--Resultados Microbiológicos da 2ªrepetição das águas de enxaguamento do circuitos de recuperação de levedura	63
Tabela 4.17-Resultados microbiológicos da retrolavagem do filtro 1	64
Tabela 4.18-Resultados microbiológicos da retrolavagem do filtro 3	64
Tabela 4.19-Resultado microbiológico das águas de enxaguamento à entrada dos TCF	65
Tabela 4.20-Resultado microbiológico das águas de enxaguamento à saída dos TCF	65
Tabela 4.21-Resultados microbiológicos da fermentação da cerveja B	66
Tabela 4.22-Resultados da guarda da cerveja B na tina 8	66
Tabela 4.23-Resultados da guarda da cerveja B na tina 9	66
Tabela 4.24-Resultados da guarda da cerveja B na tina 10	66
Tabela 4.25-Resultados da guarda da cerveja B na tina 8	67
Tabela 4.26-Resultado microbiológico dos filtro de cartuchos.....	67
Tabela 4.27-Resultado microbiológico dos TCF que receberam Cerveja B	67
Tabela 4.28-Análises 5 porquês finalizadas com a respetiva atribuição dos 5M	69
Tabela 4.29-Acompanhamento das ações de melhoria no arrefecimento de mosto	74
Tabela 4.30-Acompanhamento das ações de melhoria na Fermentação.....	74
Tabela 4.31-Acompanhamento das ações de melhoria nas salas de propagação e de levedura	75
Tabela 4.32-Acompanhamento das ações de melhoria na filtração	75
Tabela 4.33-Conjunto de ações delineadas fora das auditorias	76

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

CC. - Cilindro-Cónicas.

CILT - Cleaning Inspection Lubrication Tightening.

CIP - Cleaning in Place.

COP - Cleaning on Place.

DCS - Daily Control System.

FTR - First Time Right.

HACCP - Hazard Analysis of Critical Control Points.

KPI - Key Process Indicator.

LSS - Laboratory Star System.

OT - Tanques Asahi.

PDCA - Plan Do Check Act.

RCFA - Root Cause Failure Analysis.

RR - Raka Ray.

SAL - Sociedade Águaluso.

SCC - Sociedade Central de Cervejas.

SDCA - Standardize Do Check Act.

TCF - Tanque de Cerveja Filtrada.

TPM - Total Productive Maintenance.

UPS - Unified Problem Solving.

VSM - Value Stream Mapping.

WLD - Wallerstein Laboratory Differential.

WLN - Wallerstein Laboratory Nutrient.

YST - Yeast Storage Tank.

1

1. Enquadramento e Motivação

1.1. História da Sociedade Central de Cervejas

A Sociedade Central de Cervejas, SCC, é uma empresa que conta com 85 anos de história, sendo que a sua atual Cervejeira, na Vialonga, contempla os seus últimos 51 anos [1].

Surgiu em 1934, resultante da fusão de várias companhias: a Companhia Produtora de Malte e Cerveja Portugália, a Companhia de Cervejas Estrela, a Companhia da Fábrica de Cerveja Jansen, a Companhia de Cervejas de Coimbra e a fábrica de Cerveja Trindade, sendo que esta se juntou às demais apenas um ano mais tarde. A sua produção anual foi estimada em cerca de 5.1 milhões de litros. Seis anos depois, a SCC lança a sua cerveja mais icónica: a Sagres [1].

Em 1960, a SCC adquiriu a Sociedade Águaluso, SAL, a água mineral mais antiga de Portugal, localizada no Luso, distrito de Aveiro, bem como a sua vizinha, a água Cruzeiro. Oito anos depois, a SCC implementa na Vialonga, a maior Cervejeira de Portugal com uma área instalada de 35 hectares, capaz de produzir 110 M de litros de cerveja, 50 kton de Malte e 21M de litros de Refrigerantes. Desde então, a SCC produzia uma grande variedade de bebidas reconhecidas tais como Sagres, Pepsi-Cola, Jansen, Imperial e a Cergal, sendo que a última foi adquirida, pela SCC, entre as décadas de 70 e 80 [1].

No início do século XXI a *Scottish & Newcastle*, uma Cervejeira sediada em Edimburgo, adquire 100% do capital social da SCC, no entanto, tendo em conta o monopólio cervejeiro existente, a SCC deixou de pertencer à Cervejeira acima descrita, passando a pertencer ao grupo holandês Heineken, em 2008 [2].

Atualmente, o seu produto mais icónico, a Sagres, é uma das cervejas mais consumidas em Portugal, sendo que é a principal patrocinadora da Selecção Nacional de Futebol. A cerveja acima mencionada detém uma quota de mercado cervejeiro em Portugal elevada (cerca de 42.6% no ano passado) [3].

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Assim como a Sagres, a SCC produz um conjunto variado de Cervejas (Sagres Branca, Preta, Radler, sem álcool, Bohemas e as 0,0%) e Sidras (*Strongbow* e Bandida do Pomar) em diversos formatos (Barril, lata, garrafa e *beer drive*) que podem ser consultados na **Figura 1.1** [2]:



Figura 1.1- Cervejas e Sidras produzidas na SCC [2]

1.2. A Estratégia Total Productive Management da HEINEKEN

Desde 2005, o grupo HEINEKEN implementou o sistema de melhoria contínua como *modus operandi* nas suas cervejeiras, de modo a criar um ambiente seguro, garantir a qualidade do produto e minimizar custos. Este sistema intitula-se TPM, *Total Productive Management* [4]. Uma abordagem mais teórica sobre esta filosofia será apresentada no capítulo seguinte.

Em 2012, a SCC seguiu as pegadas da HEINEKEN implementando esta filosofia, melhorando-a, em 2018, e denominando-a de TPM *Next*. Esta filosofia funciona focando-se no desenvolvimento dos colaboradores, aumentando a sua satisfação e, conseqüentemente, o resultado operacional da Empresa.

A filosofia TPM, funciona como uma acrópole, com três elos essenciais: **o Tecto, a Base e os Pilares**. A **Figura 1.2** ilustra o princípio de funcionamento do TPM na cervejeira.



Figura 1.2-Estrutura TPM do Grupo Heineken

O Topo diz respeito à liderança, à responsabilidade, de forma a que tudo o que ocorra na empresa se desenrole da melhor maneira e de acordo com o TPM. A equipa responsável por esta parte da “acrópole” deve ter como objetivos: Identificar oportunidades para uma melhor performance, direccionar o pessoal rumo às prioridades e objetivos da cervejeira, passar as acções de melhoria à prática, assegurar que todos os colaboradores seguem o rumo certo, assegurar que os colaboradores trabalham de acordo com *standards* implementados, DCS, e delinear a cultura da empresa de modo a obter sucesso desejado.

A Base consiste nos fundamentos, isto é standards, ferramentas e métodos, necessários para cumprir a filosofia TPM. Onde os 5S, o *Daily Control System*, DCS, o *Unified Problem Solving*, UPS e o (*Value Stream Mapping*), VSM, são normalmente os mais utilizados.

Os Pilares, cada um com a sua rota, estabelecem a ponte entre a base e o tecto assegurando que os *standards*, ferramentas e métodos são corretamente implementados.

1.3. Constatações Iniciais

1.3.1. O FTR Microbiológico na matriz de prioridades

Em 2019, a SCC estabeleceu um conjunto de prioridades e foco, de acordo com os objetivos da empresa. Essas prioridades encontram-se mapeadas num gráfico, consoante a importância das mesmas e face aos alvos alcançados no ano transato. Estas estão diferenciadas em três tipos de prioridades: **Prioridade 3**: Situações de baixo foco e de importância estratégica reduzida; **Prioridade 2**: Situações de foco médio e de importância estratégica moderada; **Prioridade 1**: Situações de foco elevado e de importância estratégica capital. A **Figura 1.3**, ilustra essa mesma matriz de prioridades praticada pela Cervejeira.

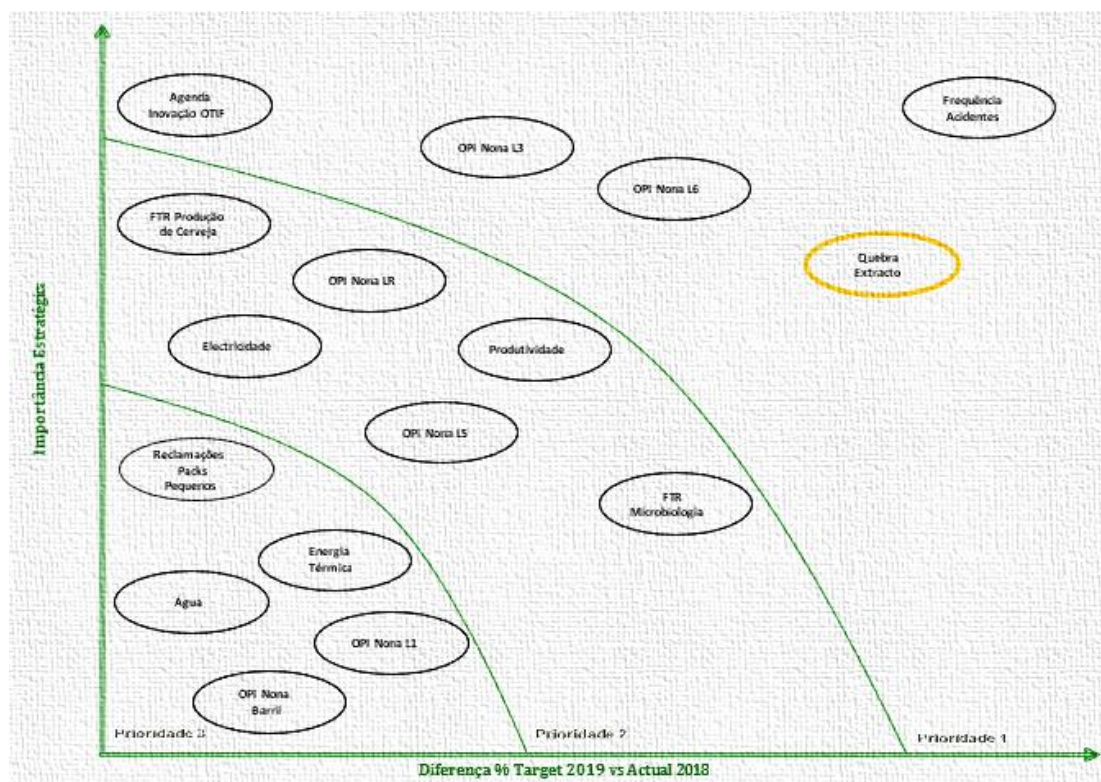


Figura 1.3-Objetivos da Cervejeira para 2019

Como pode ser observado pelo gráfico 1, o FTR Microbiológico situa-se no nível de **Prioridade 2** ou seja, importância estratégica moderada e de foco médio. Isto deve-se ao facto de o FTR estar muito próximo do *target* objetivado para este ano. Falando de valores em concreto, o FTR Microbiológico Global definido para 2019 é de **83.4%**. Uma melhor ideia da evolução do FTR Microbiológico pode ser adquirida consultando o subcapítulo que se segue.

1.3.2. Evolução Temporal do FTR Microbiológico nos últimos anos

O FTR, *First Time Right*, é um indicador de desempenho ,designado pela Heineken para acompanhamento dos resultados microbiológicos, que determina a percentagem de sucesso de um dado processo. É calculado partir da seguinte expressão:

$$\%FTR = \frac{n^a Amostras - n^a Falhas}{n^a Amostras} \times 100 \quad (1.1)$$

No caso da Microbiologia, o número de falhas diz respeito ao cálculo associado aos resultados com contaminação microbiológica acima do Limite Superior de Especificação (Ver **Anexo I**). Neste subcapítulo, é abordado em detalhe como se comportou o FTR Microbiológico nos últimos anos.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

FTR Micro Fermentação

O FTR relativo à Fermentação é o indicador que descreve a taxa de sucesso, a nível microbiológico, dos fermentadores. Este baseia-se no resultado microbiológico dos fermentadores. Nos últimos anos, a evolução temporal do FTR da Fermentação é descrito pelo gráfico que segue:

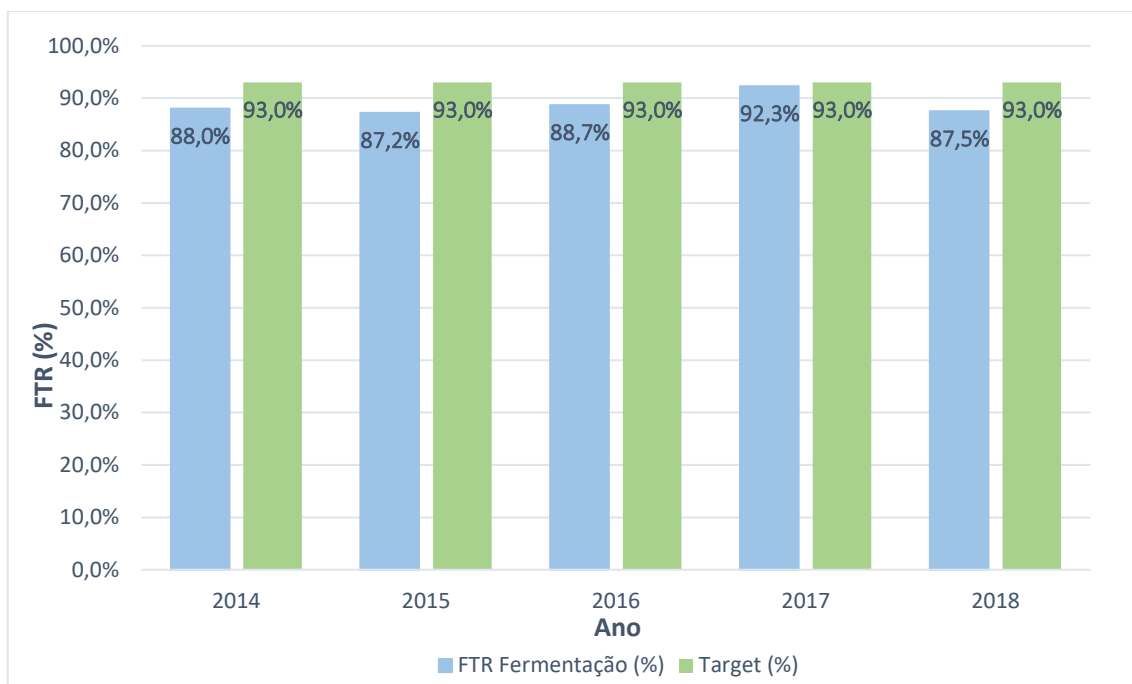


Figura 1.4-Evolução Temporal do FTR da Fermentação

Pela análise do gráfico, é possível perceber que se segue uma tendência positiva até ao ano de 2017, sendo que houve uma quebra no ano transato. Não obstante, durante estes anos de estudo, o valor de FTR acumulado anual desta situar-se abaixo do *target* pretendido.

FTR Micro Filtração

Baseando-se no resultado diário dos Tanques de Cerveja Filtrada, TCF, é possível descrever o desempenho, a nível microbiológico, da Filtração. A **Figura 1.5** demonstra a evolução deste FTR, nos últimos 5 anos.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

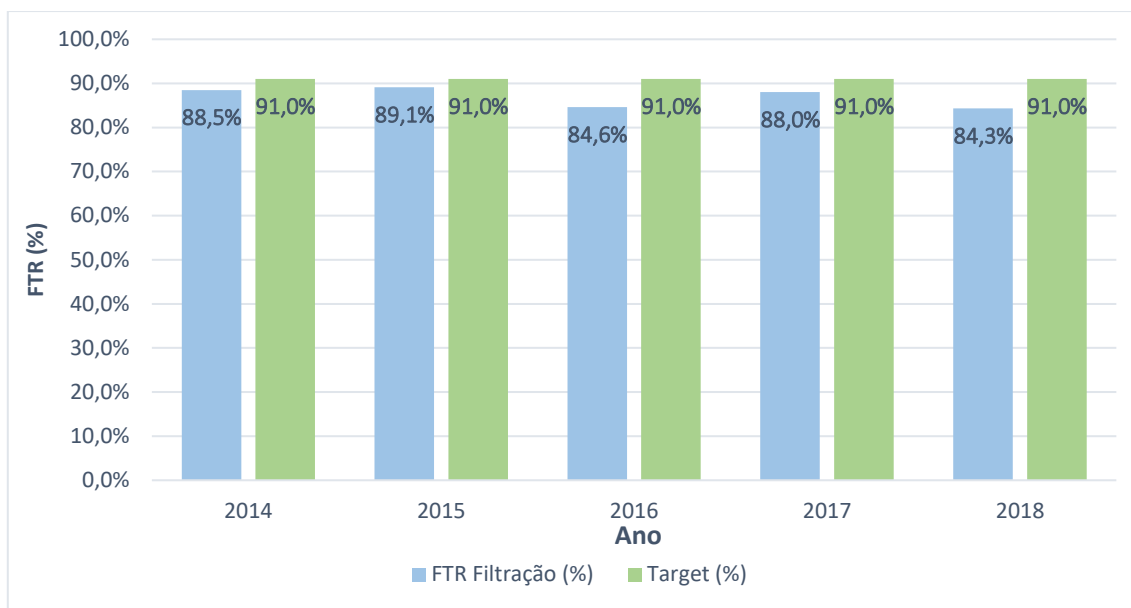


Figura 1.5-Evolução Temporal do FTR Micro Filtração

Este gráfico demonstra um FTR que tem evoluído de uma maneira muito instável, sendo que, em todos os anos da análise, o FTR acumulado não cumpriu o *target* estipulado para esta etapa.

FTR Micro Beer Production

O FTR *Micro Beer Production* indica, percentualmente, o comportamento da produção da cerveja a nível microbiológico. A nível aritmético, este indicador é calculado da seguinte maneira:

$$\%FTR \text{ Micro Produção de Cerveja} = \%FTR \text{ Fermentação} \times \%FTR \text{ Filtração} \quad (1.2)$$

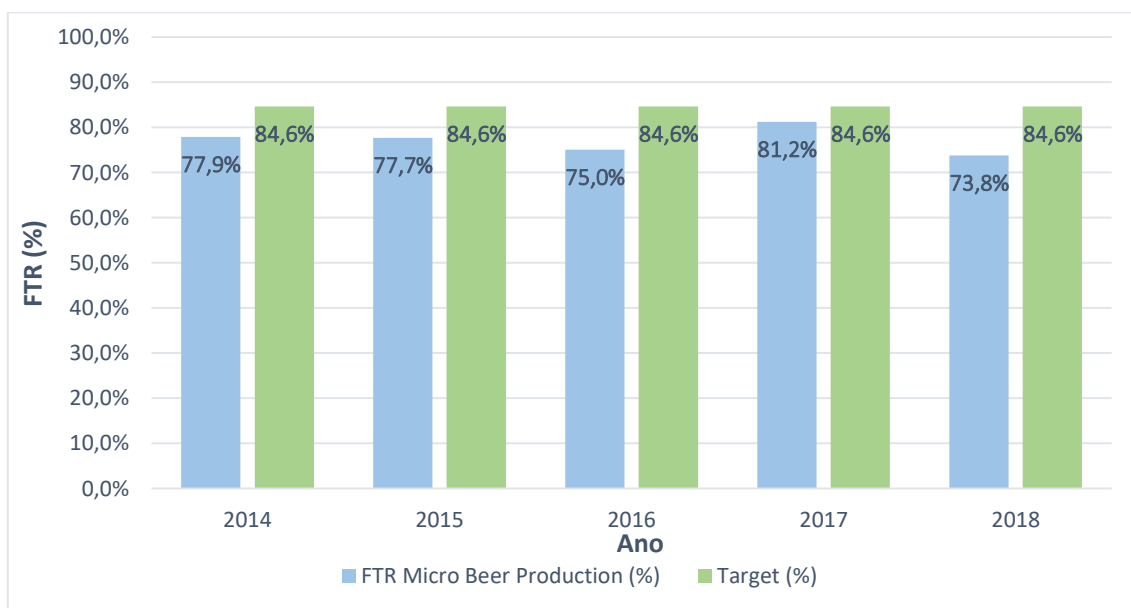


Figura 1.6-Evolução Temporal do FTR Micro Beer Production

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Assim como o FTR Micro Fermentação, este Indicador tem mostrado uma evolução positiva com duas situações anómalas: 2016 e 2018, muito semelhante ao FTR da Fermentação.

FTR Microbiológico Global

O FTR Microbiológico Global resulta do produtório de todos os FTR do processo cervejeiro, desde a Fermentação até ao Enchimento (ver **Anexo III**). De uma forma mais sucinta, este pode ser determinado da seguinte forma, sendo que a sua evolução é descrita no seguinte gráfico:

$$\%FTR\ Micro = \%FTR\ Micro\ Produção\ de\ Cerveja \times \%FTR\ Enchimento \quad (1.3)$$

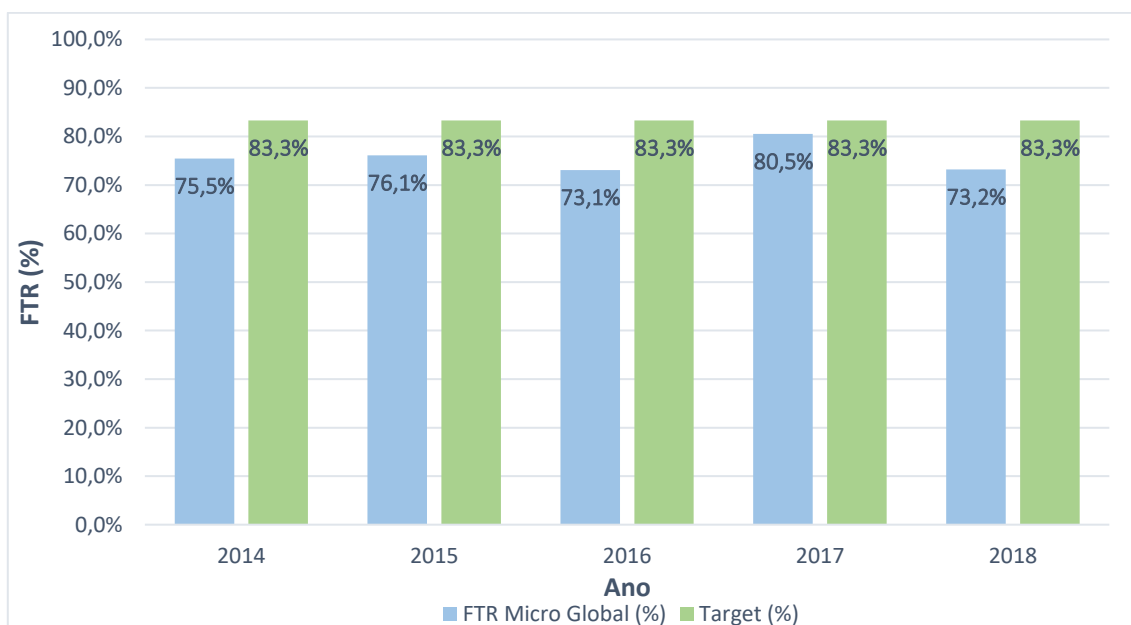


Figura 1.7-Evolução Temporal do FTR Microbiológico

Neste gráfico é verificado uma tendência muito semelhante ao FTR do *Micro Beer Production*. Isto deve-se ao facto de o FTR do Enchimento (ver **Anexo III**) estar continuamente bastante próximo de 100% nos últimos anos.

1.3.3. Plano de Acção de 2018

O ano transato foi considerado um ano de elevado investimento por parte da SCC, tendo em conta as novas infraestruturas e equipamentos implementados na fábrica. Numa primeira instância, foi implementada uma nova sala *Cleaning in Place*, CIP, centralizada com 8 novos tanques que higienizam grande parte dos equipamentos e linhas do processo. Neste mesmo ano, foram introduzidos 4 novos tanques de cerveja filtrada cada um com a capacidade de 3000 hL.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

No que diz respeito à microbiologia, foram tomadas inúmeras ações de melhoria com o auxílio, não só da HEINEKEN (nomeadamente pelo *Hygiene Support* do grupo HEINEKEN) como também, externamente pela ECOLAB, sendo que a última esteve mais focada na otimização do processo CIP, no que diz respeito às variáveis mais impactantes neste processo nomeadamente: tempos de contacto, concentração dos fluidos de limpeza, ação mecânica, entre outros.

Adegas

Ao nível das Adegas, que englobam arrefecimento de mosto, fermentação, propagação, tratamento de levedura e maturação, houve um planeamento de repintura de algumas CC e alteração do tipo de septos da microbiologia nas CC (de septos de um ponto de picagem para septos de 7 pontos de picagem). Para além disso, em parceria com a ECOLAB, foram realizadas várias mudanças no que diz respeito a parâmetros CIP.

Filtração

Ao nível da Filtração, várias ações preventivas foram igualmente implementadas, no sentido de melhorar o FTR desta etapa. Para além dos ajustes feitos no que diz respeito aos parâmetros CIP, foi também automatizado e otimizado o processo de esterilização dos filtros de *kieselguhr*, bem como a CIP da *Nathan*.

1.4. Objetivos da Tese

Tendo em conta toda a informação partilhada anteriormente, os objetivos desta dissertação subdividem-se em dois, sendo eles:

- Melhoria sustentada do Indicador Microbiológico da Fermentação de modo a obter um FTR igual ou superior ao *target* estabelecido pela SCC, isto é, 93%; se possível com uma melhoria dos FTR das etapas adjacentes a esta (exemplo: FTR Maturação);
- Melhoria sustentada do Indicador Microbiológico da Filtração de modo a obter um FTR igual ou superior ao *target* estabelecido pela SCC, isto é, 91%.

É ainda importante realçar que, caso estes objetivos sejam cumpridos, a Cervejeira da Vialonga estará mais próxima de cumprir um FTR Microbiológico Global igual ao superior ao *target* definido, **83.4%**.



2. Introdução

2.1. Matérias-Primas da Cerveja

2.1.1. Água

A água é o componente maioritariamente presente na cerveja. Esta é responsável por cerca de 90% da composição de uma cerveja. Para além de ser um dos ingredientes presente no produto final, a água é também utilizada não só para ser misturada com o malte na etapa da brassagem como também na higienização dos equipamentos e linhas e como utilidade no aquecimento/arrefecimento de fluídos.[5]

Para que a Cerveja tenha o sabor desejado, é necessário que água tenha determinados valores para o pH e para a dureza. No que diz respeito ao pH, este deve-se encontrar entre os valores de 5.8 e 6. A dureza é também um fator preponderante, sendo que uma água com uma dureza elevada corresponde a um elevado teor em sais. É um fator variável consoante o tipo de cerveja e o perfil sensorial pretendido [6].

2.1.2. Malte

O malte é produzido através da molha, germinação e da secagem, sob certas condições, do cereal sendo que esse cereal é geralmente cevada, trigo ou ,em algumas regiões de África, sorgo. As condições em que o malte é germinado e seco refletem-se *a posteriori* na cor e no sabor do produto final [5]–[7].

2.1.3. Cevada

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Para além da água, a Cevada é uma das matérias-primas capitais na produção de cerveja. É um cereal que é cultivado nos quatro cantos do mundo em que a bioquímica e morfologia do seu grão é bem conhecida, como tal é o cereal mais usado para maltagem no mundo [5]. Existem dois tipos de cevada que diferem na altura da sua colheita: A cevada de Inverno e a cevada de Verão [8].

A Cevada não maltada pode ser utilizada como adjunto na produção de cerveja. O seu objetivo no processo é de contribuir com β -Glucanas, que é um polissacarídeo responsável por conferir estabilidade à espuma do produto final.

2.1.4. Adjuntos

Adjuntos são açúcares fermentáveis que são adicionados à cerveja mas que não sofrem maltagem [8]. Existem dois tipos de adjuntos: os *kettle adjuncts* que são adicionados na caldeira de caldas, como por exemplo o mel; e os *mashable adjuncts*, também adicionados na caldeira da caldas que contém açúcares sob a forma de amido, como o milho ou o arroz [5]. Quando se utiliza milho como adjunto, normalmente este é introduzido sob a forma de *gritz* (composto similar a farinha). Para o milho se transformar em *gritz*, é necessário que o milho seja moído de forma a remover o farelo e o germe [6].

2.1.5. Lúpulo

O lúpulo é uma planta de trepadeira cuja flor constitui um ingrediente muito importante no fabrico da cerveja. Confere, não só o amargor, mas também atua como bactericida, sendo um meio não favorável para o crescimento microbiano [7]. Esta planta também contribui em grande medida para o perfil aromático da cerveja.

Na fabricação de cerveja, o lúpulo é previamente seco com ar quente e depois prensado, de modo a ser inserido no processo. Este pode ser adicionado ou na caldeira de fervura, o mais comum, ou após a fermentação ou, por outro lado, na fase de maturação, o chamado *dry hopping* [6].

2.1.6. Levedura

A levedura é o ser vivo mais importante no processo de produção de cerveja. Este é um fungo unicelular e anaeróbio facultativo responsável pela fermentação do mosto. Na SCC, as leveduras são propagadas e reinoculadas até 6 gerações de Levedura [6].

No processo cervejeiro, existem dois tipos de Levedura que são escolhidas de acordo com a temperatura de fermentação. A de baixa fermentação (a baixas temperaturas), que resulta numa cerveja do tipo *Lager*, e a de alta fermentação (a temperaturas mais elevadas), que resulta numa cerveja tipo *Alé* [9].

2.2. Descrição do Processo Cervejeiro

2.2.1. Maltagem

Nesta secção ocorre transformação da cevada em malte ,ou seja, esta é molhada, germinada e posteriormente seca sob condições ótimas de modo a obter características necessárias ao nível da cor e sabor da própria cerveja. As condições de temperatura são cruciais de modo a assegurar o potencial germinativo dos grãos de cevada [8].

No primeiro passo, isto é, a molha, os grãos de cevada entram em tinas onde são humidificados de modo a que os grãos de cevada possam posteriormente germinar. Neste tipo de equipamento os grãos sofrem ciclos de imersão e repouso de modo a que os grãos não percam oxigénio durante o processo. Aí forma-se o ácido giberélico que permite hidratar o endosperma, tecido responsável pela fertilização do embrião. Esta hidratação permite que o cereal tenha a atividade enzimática necessária de acordo com as especificações [10].

Após a molha, os grãos são enviados para as caixas de germinação onde começa o processo de germinação, onde permanecem durante 5 dias. Durante esse tempo ocorrem transformações físicas no grão nomeadamente, o aparecimento de raiz e plúmula. A nível bioquímico são sintetizadas enzimas (as amilases, as β -glucanases e as proteases) que degradam a parede celular do grão e segregam moléculas de maltose [11].

A etapa seguinte consiste na secagem onde os grãos germinados seguem para estufas e que tem como objetivo reduzir o teor de humidade de modo a ir ao encontro das especificações da cerveja o que influencia,também, o tempo de retenção dos grãos na estufa. Estas estufas funcionam a uma temperatura de 60°C, o que é apropriado a nível microbiológico pois inativam qualquer microorganismo presente. O passo final consiste na desradiculação dos grãos em silos de desradiculação onde as raízes dos grãos são removidos e armazenados para venda [6,10].

2.2.2. Brassagem

De um modo geral, esta parte do processo tem como objetivo a fabricação do Mosto, isto é, uma mistura de água com cereais e lúpulo através de várias etapas [6]. Para isso, primeiramente o produto proveniente dos silos tem que ser moído. A moagem permite partir a casca expondo o endosperma o que leva à sua total desintegração de modo a ativar a acção enzimática dos seus constituintes. Para tal, recorre-se a moínhos de martelos [12].

De seguida, o malte é misturado com água procede-se à etapa de empastagem. Esta etapa contempla duas caldeiras devido ao facto de as temperaturas de gelatinização dos diferentes cereais serem diferentes. Milho triturado (*gritz*), cevada não maltada e água entram na caldeira de caldas para serem misturados enquanto que na caldeira de empastagem misturam-se a água e o malte. Este processo reúne uma série de

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

objetivos tais como dissolver as substâncias que são imediatamente solúveis em água e tornar as insolúveis em solúveis aquando da acção enzimática e alterar a estrutura química dos constituintes do mosto para tornar os seus açúcares fermentáveis. Nesta etapa a temperatura da caldeira de empastagem aumenta de modo a aumentar a atividade enzimática, de modo a converter o amido em açúcares fermentáveis [13].

Após a empastagem o mosto passa num filtro de placas onde é filtrado. Esta etapa tem como objetivo uma elevada eficiência de extrato, remover sólidos do mosto, a drêche (resíduos do cereal que é aposteriori vendido) e otimizar a qualidade do mesmo [13].

Por fim, ocorre a etapa que requiere mais energia em todo o processo, a fervura, onde o mosto é enviado para uma caldeira onde cerca de 1% da água se evapora o que permite que se obtenha uma elevada concentração de mosto, uma inativação a nível enzimático e que se intensifique não só a sua cor, como também o seu sabor. No final da fervura, o mosto é lupulado de forma a obter o amargor característico da cerveja. Nesta última etapa ocorre coagulação das proteínas presentes devido à elevada temperatura e, como tal, o resíduo dessas mesmas proteínas (*trub*) tem que ser separado, para não ocorrer turvação da cerveja. Para isso, utiliza-se um *Whirlpool* que atua como um ciclone. Neste equipamento forma-se o “cone” de *trub* que é depositado no fundo. O mosto é enviado para arrefecimento nas saídas laterais enquanto que o *trub* é removido e reintroduzido na filtração do mosto no fabrico seguinte [8].

2.2.3. Arrefecimento e arejamento de Mosto

Os objetivos principais desta etapa passa por diminuir consideravelmente a temperatura do mosto proveniente da brassagem e arejá-lo de modo a que tenha condições propícias para ser fermentado na fase seguinte [14].

Após a saída do mosto do *Whirlpool*, este é enviado para permutadores de placas, que funcionam em contra-corrente, que têm como objetivo arrefecer o mosto até a temperatura de fermentação. Em seguida, o mosto, já arrefecido, segue para um painel de arejamento que tem como objetivo introduzir oxigénio no mosto. O oxigénio já dissolvido no mosto vai permitir que o metabolismo e crescimento das leveduras seja acelerado para a fase seguinte [6].

2.2.4. Propagação da Levedura

As leveduras são células eucarióticas unicelulares do reino *Fungi* e que se classificam como sendo quimiorganoheterotróficos no que diz respeito à sua fonte de energia.

Na Propagação, o objetivo é aumentar exponencialmente o número de leveduras de modo a que seja possível realizar a Fermentação da Cerveja.

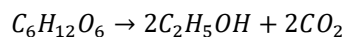
Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Para que tal aconteça, este processo tem de ser realizado em paralelo com o arrefecimento do mosto e é efetuado e testado em três escalas diferentes antes de se realizar o *scale-up* para os tanques de propagação.[6].

Quando a quantidade de Leveduras é suficiente, estas seguem para o Fermentador onde, após contacto com o mosto já arrefecido e arejado, podem realizar a fermentação.

2.2.5. Fermentação

Nesta secção ocorre a transformação dos açúcares do mosto em etanol e dióxido de carbono sob a acção das leveduras. A sua equação química é descrita da seguinte forma [6]:



Existem dois tipos de fermentadores onde ocorrem fermentação: Tanques Asahi (OT) e Cilindro-Cónicas (CC). A sua principal diferença reside na sua geometria o que influencia o processo de recuperação de levedura. Cada fermentador consegue conter 6 fabricos de mosto. Numa primeira fase da fermentação a levedura consome o oxigénio do mosto, realizando assim respiração aeróbia. Este acontecimento, que ocorre nos primeiros 2 dias permite que a levedura cresça e se reproduza dentro do fermentador. A segunda fase ocorre durante os seguintes 5 dias e ,aqui, a levedura começa a realizar respiração anaeróbia, ou seja, transforma os açúcares do mosto em etanol e dióxido de carbono. Quando a fermentação termina (isto é, após 7 dias aproximadamente), a cerveja é sujeita a um golpe de frio que é responsável pelo término da Fermentação [15]. De realçar também que durante a Fermentação formam-se também ésteres que conferem aromas característicos à cerveja

O produto consiste numa cerveja “Verde” que é enviada para maturação. A levedura é descarregada no fundo e pode ter um de dois destinos: Recuperação para um novo ciclo de fabrico ou venda para o exterior caso não possa ser recuperada.

2.2.6. Recuperação de Levedura

Esta etapa que ocorre em paralelo com o processo principal de fabricação de cerveja tem como intuito reaproveitar a levedura proveniente da Fermentação de modo a reintroduzi-la noutra fermentação.

Quando culmina uma Fermentação a levedura sedimenta e pode seguir duas vias: Circuito de Recuperação de Levedura, onde ela fica armazenada num YST (*Yeast Storage Tank*) e que depois é reenviada para outra fermentação, caso esta esteja na primeira até à quinta geração; ou recuperação como subproduto para venda. Na primeira situação a Levedura segue para um Tanque de Armazenamento de Leveduras onde ela é tratada e pronta a inocular outro fermentador. Na segunda ocasião, a levedura entra num filtro de prensa

onde é separada da cerveja e onde a levedura é vendida para o exterior. É de notar que neste filtro, recupera-se cerveja que é incorporada a quente no mosto antes de arrefecê-lo [6,16].

2.2.7. Maturação

Após fermentada, a cerveja é transferida do fermentador para uma centrífuga que elimina a levedura ainda presente.

De seguida, a cerveja verde entra num tanque-tampão, que faz a ligação com os tanques de guarda que operam a temperaturas próximas dos 0°C) e que têm como intuito maturar e clarificar a cerveja verde e melhorar a sua estabilidade para a etapa seguinte [6], que é o grande objetivo desta etapa de produção de cerveja.

2.2.8. Filtração

A etapa da Filtração tem dois objetivos principais: remover a turvação da cerveja e garantir que as especificações do mercado são cumpridas (CO₂ na cerveja neste caso em concreto).

Após maturada, a cerveja é arrefecida até, aproximadamente, -0,5°C onde é enviada para a *Nathan*, um tanque cilíndrico que funciona como um tanque-tampão. Posteriormente, a cerveja é enviada para os filtros de placas que tem como função remover a turvação da cerveja. Nestes filtros, a tela filtrante é composta por *kieselguhr*, uma rocha porosa com diátomáceas e que, para além de remover a turvação da cerveja, contribui também na remoção de microorganismos [6,11,18].

Após este processo, a cerveja passa por um *Carboblender*. Este equipamento têm como objetivo diluir e carbonatar a cerveja. De seguida, a cerveja é enviada para um filtro de cartuchos, que tem como objetivo prevenir a passagem de *kieselguhr* para o armazenamento final. A partir daqui é possível armazenar a cerveja filtrada em TCF-Tanques de Cerveja Filtrada que seguem para enchimento [17].

2.2.9. Enchimento

Esta é a fase final da produção de cerveja, e tem como objetivo enviar toda a cerveja proveniente dos TCF para os respetivos recipientes para que depois possa ser vendida para o exterior. Cada cerveja tem a sua respetiva linha de enchimento, isto é, um conjunto de equipamentos responsáveis por acondicionar a cerveja, isto é, preparar a cerveja para venda. As linhas podem se classificar em dois grandes grupos de linhas de enchimento: As de tara perdida (OW), onde não há retorno das embalagens e as de tara retornável. Nestes dois grandes grupos estão incluídas, em ambas, linhas de enchimento para garrafas e barris, sendo que as linhas de Tara Perdida ainda incluem linhas de enchimento para latas.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Nas linhas de enchimento de garrafas, é necessário que exista uma despaletizadora, que tem como objetivo remover as garrafas das paletes de modo a ser introduzidas na linha. Depois da despaletização, as garrafas seguem para um *rinser*, cuja função é enxaguar as garrafas de modo a remover poeiras. De seguida, as garrafas seguem para a enchedoras onde as mesmas são cheias de cerveja/sidra onde são posteriormente enviadas para uma capsuladora para colocar a cápsula. De seguida, as garrafas entram num túnel de pasteurização que tem como objetivo, certificar que não há microorganismos indesejáveis na cerveja. Posteriormente, as garrafas são enviadas para uma rotuladora para serem rotuladas e de seguida são transportadas para uma paletizadora de modo a colocar paletes. A partir daqui, as cervejas estão prontas a sair para o mercado [19].

Já nas linhas de enchimento de latas o processo é diferente. Em vez da capsuladora, as latas, após serem enxaguadas seguem para uma cravadora de modo a ter o seu tampo cravado. No que diz respeito à sua marcação, em vez de serem rotuladas como as garrafas, as latas são marcadas com tinta de modo a indicar as informações necessárias do produto. De resto todo o processo é o mesmo: são despaletizadas, enxaguadas, pasteurizadas e paletizadas [19].

2.3. Fatores que influenciam o crescimento microbiano

O Crescimento microbiano define-se como dois tipos de aumento: um aumento a nível dimensional (isto é, no tamanho do microrganismo) e outro a nível numérico (ou seja, no número de indivíduos). Estes dois tipos de crescimento regem-se sob uma curva característica de crescimento. Essa curva pode-se dividir em 4 comportamentos/fases [20]:

- **Lag:** Primeira etapa do crescimento onde não se verifica grande evolução no número de células e onde os microrganismos se adaptam ao meio envolvente
- **Exponencial:** Etapa onde se verifica maior crescimento microbiano e onde o crescimento é descrito exponencial. Esta fase tem limitações devido à escassez de nutriente a médio prazo, ao aumento da densidade celular e devido a alterações no pH do meio
- **Estacionária:** Fase onde se atinge o máximo de células e microrganismos e, consequentemente, deixa de haver crescimento devido às limitações referidas no ponto anterior.
- **Morte:** Última fase onde o número de microrganismos da população decresce devido a morte celular.

Para que o crescimento ocorra, é necessário que haja requisitos para que isso aconteça nomeadamente fatores abióticos que serão apresentados mais aprofundadamente: Oxigénio, pH, Temperatura, Nutrientes e CO₂.

2.3.1. Oxigênio

As primeiras bactérias existentes na Terra viviam na ausência de O_2 tendo em conta as condições no planeta Terra na altura. No entanto com o aparecimento das Cianobactérias deu-se o grande evento de Oxigenação da Terra uma vez que, este tipo de bactérias excretava O_2 como subproduto. Atualmente existem uma variedade de Bactérias que podem ser classificadas tendo em conta os seus requisitos de oxigênio molecular no seu ecossistema para a sua respiração [21].

Os organismos considerados como **Aeróbios Obrigatórios** vivem única e exclusivamente na presença de O_2 . Ao invés, os **Anaeróbios Obrigatórios** crescem apenas na ausência de O_2 .

Os **Anaeróbios Facultativos**, na presença de O_2 realizam respiração aeróbia, no entanto, caso o meio não contenha O_2 estes organismos conseguem respirar anaerobicamente. Já os **Anaeróbios Aerotolerantes** realizam única e exclusivamente respiração anaeróbia no entanto conseguem viver em meios com O_2 .

Ainda existem os **Microaerófilos** que crescem na presença de O_2 no entanto a percentagem de O_2 nesse meio deve ser inferior à percentagem na atmosfera (cerca de 10%) [20].

2.3.2. pH

Outro fator preponderante no crescimento microbiano tem a ver com a concentração de iões H^+ no meio, que é medido pelo pH. No que diz respeito ao pH, os microorganismos podem se classificar em três tipos: **Acidófilos**: São microrganismos que crescem essencialmente em meios onde o pH varia entre 1 a 5,5 **Neutrófilos**: Microrganismos que crescem em meio Neutro (entre 5.5 e 8,5) e **Alcalófilos** que crescem em meios com elevada concentração de iões hidróxido (entre 8.5 a 11) [20,22].

2.3.3. Temperatura

Assim como os dois últimos fatores, a Temperatura constitui uma fator abiótico de extrema importância. Atualmente existem vários tipos de microrganismos que compreendem uma vasta gama de temperaturas. No que diz respeito a temperaturas baixas, os **psicotrófilos** conseguem crescer abaixo dos zero graus ,no entanto, a sua temperatura ótima de crescimento é, aproximadamente, nos $15^{\circ}C$ [20,23].

Os **Mesófilos** são microrganismos que crescem essencialmente à temperatura ambiente, porém conseguem crescer até aos $40^{\circ}C$, sendo que acima dessa temperatura estamos na presença de microrganismos classificados como **termófilos** que conseguem sobreviver até aos $80^{\circ}C$ sendo que a sua temperatura ótima de crescimento reside nos $65^{\circ}C$

Por fim, os **hipertermófilos** são os microrganismos que crescem em temperaturas mais adversas podendo mesmo crescer até aos $105^{\circ}C$

2.3.4. Nutrientes

Os requisitos mínimos para que haja crescimento microbiano são água, fonte de carbono, fonte de azoto e sais inorgânicos. Ao nível dos nutrientes estes podem ser distribuídos em dois tipos: os macro e micronutrientes[20].

Os **macronutrientes** são os elementos responsáveis por aumentar o peso seco das células. Aqui estão contemplados H₂, C, O₂, N₂, S₈, P₄, e metais como Ca, K, Mg e Fe.

Os **micronutrientes** são essencialmente metais de transição que melhoram a atividade enzimática das células. Aqui estão incluídos Co, Zn, Cu, Mo e Mn.

2.3.5. CO₂

Todos os microrganismos necessitam de uma certa percentagem de dióxido de carbono como auxílio ao seu crescimento sendo que nos **capnófilos** os níveis necessário são superiores ao normal. Esse dióxido de carbono pode ser encontrado normalmente ou na atmosfera ou através do metabolismo das suas células [20].

2.4. Microbiologia da Cerveja

Apesar de a cerveja ser um produto pouco propício ao crescimento microbiano tendo em conta o seu pH, volume de etanol e presença de lúpulo, o fabrico de cerveja envolve a presença de microrganismos em todas as fases do seu processo, sendo que uns conferem estabilidade à cerveja e beneficiam a mesma, enquanto que outros são prejudiciais conferindo *off-flavours* à cerveja. Como tal é necessário identificar estes microrganismos com o objetivo de os controlar e mitigar o seu crescimento. Estes microrganismos subdividem-se em 3 grandes grupos: Bactérias Gram-Positivas, Bactérias Gram-Negativas e Leveduras Selvagens [24].

2.4.1. Bactérias Gram-Positivas

São Bactérias, cuja parede celular é composta essencialmente por peptidoglicano e ácidos teicóicos. Neste grupo, é essencialmente constituído por bactérias lácticas onde se destacam as espécies dos géneros *Lactobacillus* e *Pediococcus* [25]. E, apesar de o lúpulo conferir efeito anti-bacteriano a este tipo de microrganismos, estes dois géneros desenvolveram, ao longo tempo, tolerância a esta planta [26].

As bactérias lácticas são conhecidas por conferir *off-flavours* à cerveja através da acidificação, aumento da turvação, e/ou produção de grandes concentrações de diacetilos [26].

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Lactobacillus são bactérias lácticas gram-positivas anaérobias facultativas que produzem ácido láctico e outros metabolitos que conferem maior acidez à cerveja. São tolerantes ao etanol e açúcares concentrados.

No que diz respeito à temperatura este género de bactérias pode sobreviver até cerca de 63°C, sendo que é em meio ácido que estas bactérias se desenvolvem optimamente.

Pediococcus são bactérias lácticas gram-positivas anaeróbias facultativas que produzem ácido láctico que confere uma maior acidez à cerveja, tornando-a mais azeda. Este género caracteriza-se por ter elevada tolerância ao etanol e, como tal, habilidade de sobreviver e se adaptar dentro da cerveja. Estas bactérias podem alterar o sabor da cerveja devido à excreção de exopolissacarídeos quando estão expostas a uma fonte de açúcares. Este facto leva a que a cerveja apresente maior viscosidade [27].

A sua temperatura ótima de desenvolvimento encontra-se nos 22°C mas podem-se desenvolver até aos 35°C. No que diz respeito ao pH, este pode variar entre os 4.14 e os 6.7 (sendo que em algumas espécies de *Pediococci* o pH do meio pode ser mais elevado).

Para além das bactérias lácticas é possível encontrar, com menor probabilidade, outras bactérias gram-positivas tais como *Kocuria kristinae*, no entanto o seu potencial de contaminação é muito inferior quando comparado às bactérias lácticas uma vez que esta não é resistente ao pH, etanol e ao lúpulo.

2.4.2. Bactérias Gram Negativas

Ao contrário das Gram-Positivas, este tipo de bactérias contém poucos níveis de peptidoglicano na sua parede celular, porém uma parede celular bastante complexa com uma membrana externa.

Neste grupo podem-se incluir as Bactérias Acéticas (que fermentam açúcares para produzir ácido acético), e os microrganismos anaeróbios restritos *Pectinatus*, *Megasphaera*, *Selenomonas*, e *Zymophilus*. Tendo em conta que, atualmente, as cervejeiras controlam os níveis de oxigénio em todo o processo, a possibilidade de contaminação por bactérias acéticas é reduzida. Os outros microrganismos mencionados aumentam os níveis de turvação da cerveja e podem produzir ácido propiónico e acético e sulfeto de hidrogénio [28,29].

2.4.3. Leveduras Selvagens

Por definição, Leveduras Selvagens são leveduras que não foram intencionalmente colocadas no meio a fermentar. Na cerveja, estirpes selvagens de *Saccharomyces cerevisiae* podem ser introduzidas involuntariamente no mosto produzindo fenóis e ésteres, formando sedimentos e aumentando a turvação que concedem *off-flavours* à cerveja [30].

Outras Leveduras com potencial de contaminação são as Leveduras do Género *Brettanomyces* que produzem fenóis voláteis que conferem um aroma a tabaco. Ainda existem outras leveduras dos géneros de *Candida* e *Pichia* que podem contaminar a cerveja, porém o seu potencial de contaminação é limitado.

2.5. Segurança (HACCP)

O HACCP é uma sigla inglesa (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) que diz respeito a análise de perigos e pontos críticos de controlo a nível alimentar de um dado processo. Foi implementado pela primeira vez nos anos 60 pelo exército americano e pela NASA com o objetivo de desenvolver refeições para os astronautas sem risco de desencadear patologias. A partir daqui foi estabelecido, quer nos Estados Unidos quer na Europa (anos mais tarde) que o HACCP devia de ser implementado em toda a indústria alimentar de modo a garantir segurança dos alimentos [31].

Para ser bem implementado, o HACCP rege-se por 7 princípios que devem ser considerados. A figura que se segue ilustra os 7 princípios a ter em conta.

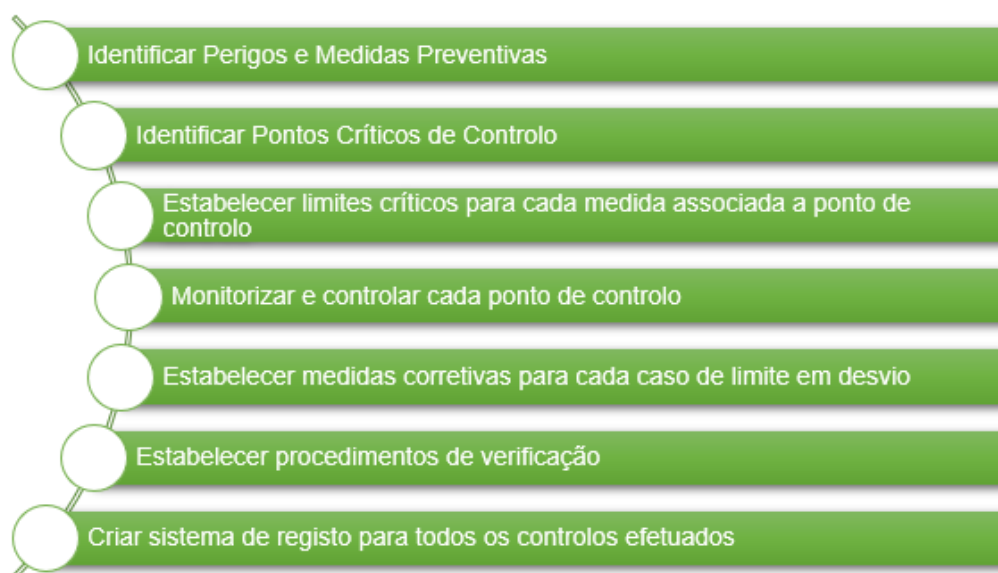


Figura 2.1-Os 7 princípios do HACCP[32]

Uma boa aplicação desta metodologia na indústria garante uma melhor eficiência e poupanças no uso de recursos, melhora a segurança dos alimentos e sensibiliza os colaboradores sobre a segurança alimentar o que permite que a resposta face a não conformidades nos alimentos seja mais rápida e eficaz.

2.6. Qualidade

2.6.1. Filosofias

5S

Para uma correta Implementação do TPM é necessário que numa primeira instância, começar com a prática do 5S. 5S consiste num método usado com o fim de garantir Qualidade num ambiente Laboral de modo a gerar motivação nos colaboradores e melhorar o seu pensamento e filosofia de trabalho [4,35].

Os 5S derivam de 5 termos Japonêses: *Seiketsu*, *Seiri*, *Seiso*, *Seiton* e *Shitsuke*.



Figura 2.2-Esquema Ilustrativo dos 5S

- **Seiri (Sort)** é a acção de efetuar uma triagem dos materiais e ferramentas necessários para uma dada acção,
- **Seiton (Straighten)** diz respeito ao rearranjo de todos os itens/ferramentas seleccionados no **Seiri** de modo a otimizar a produtividade de um dado processo,
- **Seiso (Sanitize)** é um dos princípios base do TPM e diz respeito à limpeza dos equipamentos depois de cada utilização e ao seu restauro após limpeza,
- **Seiketsu (Standardize)** envolve desenvolver processos para sistematizar os três primeiros elementos (**Seiri**, **Seiton**, e **Seiso**), com o objetivo de os introduzir na rotina dos colaboradores.
- **Shitsuke (Self-Discipline)** é um aglomerado dos outros 4 princípios. É o princípio cujo objetivo é assegurar que todos os colaboradores utilizam os 5S e que são treinados em relação aos mesmos.

UPS

Unified Problem Solving é uma Ferramenta do TPM cujo objetivo é mitigar ou erradicar um problema. Esta Ferramenta contempla 5 fases que devem ser efetuadas sequencialmente e detalhadamente como comprova o esquema seguinte:



Figura 2.3-Esquema ilustrativo das etapas do UPS

Na primeira fase, é fundamental identificar e descrever o problema em causa para que no segundo ponto se perceba o princípio do funcionamento, descreva o modo de falha e se restaure condições básicas. A partir do momento em que se perceba bem qual o problema deve-se investigar as causas raiz do problema e adereçar aos 5M (isto é Homem, Máquina, Material, Método e Ambiente). Assim que se descubra as causas-raiz deve-se definir medidas corretivas e preventivas, implementá-las e acompanhá-las (fase 4) de modo a verificar o impacto das mesmas. Por fim ,e de acordo com o último ponto, deve-se Standardizar estas mesmas medidas e integrá-las (no controlo diário por exemplo).

FTR

Um KPI é um *Key Performance Indicator* que auxilia as empresas a avaliar a taxa de sucesso de um dado item de produção. A medição do desempenho de um dado fator permite a uma empresa quantificar todos os seus aspectos, o que permitirá melhorar a forma como as empresas estabelecem os seus objetivos e as suas decisões [4].

Todos os KPI's são baseados na ISO (Standard Internacional) 22400 que é o standard responsável por definir o tipo de KPI mais adequado para um dado problema, focando-se essencialmente nas medidas mais significantes para a melhoria da performance de um dado item [36].

Para problemas do foro Microbiológico, estabeleceu-se que o FTR (*First Time Right*) é o indicador mais apropriado para o cálculo deste tipo de falhas. É um indicador que se define como sendo representativo para a estabilidade/consistência de um processo, tem um impacto positivo na produtividade, é facilmente mensurável e pode ser facilmente explicado aos Operadores.

2.6.2. Metodologias

PDCA e SDCA

A metodologia PDCA foi implementada ,em 1993, por W. Edwards Deming e serve como o modelo principal para a melhoria contínua da qualidade de um dado item numa dada empresa. É um ciclo em contínuo que se segrega em 4 passos, como demonstra a **Figura 2.4**.



Figura 2.4-O ciclo do PDCA

O primeiro passo é o **PLAN**, onde ocorre o planeamento de uma dada acção com o objetivo de melhorar algo, a segunda palavra-chave é **DO**, aplica-se o que foi planeado. O **CHECK** permite-nos verificar se aquilo que efetuámos na etapa anterior garante os resultados esperados e ,por fim, o **ACT** diz respeito à nossa reacção de acordo com o que verificámos no passo anterior[37,38]

Existe ainda o **SDCA** que tem um ciclo idêntico que complementa o PDCA, onde ,em vez de se planear a acção, padroniza-se a mesma (**STANDARDIZE**)

2.6.3. Ferramentas

Matriz de Verificações

A matriz de Verificações é uma ferramenta utilizada para quantificar e sumarizar dados históricos de processos e os seus possíveis defeitos. Foi inventado por um engenheiro que trabalhava numa firma que o usou para avaliar possíveis defeitos históricos nos tanques da firma para solucionar um problema proveniente num dos mesmos[38].

O conceito desta Matriz é listar por um lado os possíveis defeitos que a máquina pode apresentar e ,por outro localizá-los no tempo.Com isto irá ser feito um cálculo final na Matriz de modo a encontrar um padrão/tendências no que diz respeito aos defeitos que a máquina pode apresentar.

De acordo com Requeijo et al., de modo a conceber esta Ferramenta da Qualidade é necessário respeitar quatro premissas: “Definir claramente a situação a estudar; Conceber o formato da folha, Localizar temporalmente a recolha de dados e recolher corretamente os mesmos” [39].

Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto (inventado por Vilfredo Pareto) é uma ferramenta que indica a frequência de um dado defeito num dado equipamento/processo e a sua contribuição relativa. Ao representar graficamente todos os defeitos é possível verificar os tipos de defeitos mais frequentes, sendo que permite igualmente estabelecer prioridades para esses mesmos tipos de defeitos. Após a sua representação gráfica, os tipos de defeitos podem se situar em 3 zonas: A onde fazem parte defeitos de elevada relevância (20% das causas) e representam 80 % dos problemas; B que diz respeito a defeitos de média relevância (30% das causas) e ,consecutivamente, 15% e C, de pouca relevância (50% das causas), que correspondem a 5% dos problemas [38,39].

Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, *Fishbone* ou Causa-Efeito é uma ferramenta que permite relacionar as causas com os seus efeitos sob a metodologia *Brainstorming* (atividade para exploração de ideias). Ao efetuar esta análise criativa e após definir o problema, seleccionam-se as causas gerais (que para a indústria usa-se geralmente os 6M) e ,de seguida, segmenta-se para causas mais específicas (nível 1 a 4, por exemplo), isto é, as espinhas do peixe sendo que é importante referir que causas de nível 1 afetam diretamente as causas gerais, as causas de nível 2 afetam as causas de nível 1 e assim sucessivamente.

Por fim, após a construção do diagrama verifica-se quais as causas com maior probabilidade de ocorrência e define-se e implementa-se acções corretivas, verificando sempre no final a eficácia das mesmas. [38,39]

5 Porquês

A análise de 5 Porquês é uma ferramenta que permite que a causa raiz de um dado problema seja encontrada o mais rápido possível. É uma ferramenta cujo objetivo é continuamente perguntar porquê até chegar à causa-raiz, sendo que a resposta à primeira pergunta serve como base para a segunda e assim sucessivamente . Para tal é importante não trabalhar o problema de forma superficial mas sim que as pessoas envolvidas na análise do problema tenham experiência e conhecimento e que tratem do problema o mais detalhado possível [40].

Ao fazer um *Brainstorming* das possíveis causas, verifica-se cada possível causa exaustivamente. Se a análise fechar, isto é, a causa raiz é encontrada é necessário atribuir a causa a um dos 4M que diz respeito à experiência das pessoas envolvidas. Estes 4M podem ser: Man (Mão-de-Obra), Method (Método), Material ou Machine (Máquina/Equipamento). Por fim implementam-se acções corretivas e preventivas de modo a erradicar e prevenir, respetivamente, o problema em questão

2.7. Limpeza e Desinfecção de Equipamentos e Linhas: O sistema CIP

CIP (Cleaning in Place) é uma metodologia utilizada com o fim de higienizar equipamentos e linhas de processo, e sendo a indústria cervejeira com potencial de contaminação é crucial que esta limpeza seja eficaz. Para tal a CIP terá que respeitar quatro parâmetros essenciais (agente químico, poder mecânico, temperatura e tempo de contacto) que juntos formam o Círculo de *Sinner* [41]. Este círculo anteriormente mencionado consiste na interação dos quatro parâmetros essenciais anteriormente citados no sentido de otimizar o processo de limpeza de um dado equipamento.

Um dos parâmetros a respeitar tem a ver com a acção mecânica da CIP. Esta acção irá permitir que os fluídos de limpeza alcancem todos os circuitos, para isso, a velocidade de fluido terá que ser superior a 2 m/s de modo a provocar turbulência no sistema. Para satisfazer essas condições nos Tanques utilizam-se dispositivos de limpeza tais como *Sprayballs* e *Toftejorgs*. Os *Sprayballs* são dispositivos de limpeza fixo ou rotativos que trabalham a caudais elevados e pressões baixas (2-3 bar). Já os *Toftejorgs* trabalham a caudais mais baixos, no entanto, trabalham a pressões mais elevadas (5-6,5 bar) [42].

A acção temporal diz respeito ao tempo de contacto da solução com o equipamento/linha em questão. Quanto mais adequado for o tempo de contacto da solução como o equipamento/linha maior é o número de microorganismos eliminados.

Outra acção importante é a térmica. A temperatura de operação determina se a limpeza é eficiente ou não. Uma temperatura elevada implica também uma acção química maior. Uma acção química maior implica que a dissolução da sujidade/microorganismos seja mais rápida e eficaz. Uma concentração maior do agente de limpeza permite também chegar à conclusão da preposição anterior.

Na SCC existem 4 fluídos a ter em conta na Higienização de equipamentos: Água, Soda, Ácido e Desinfectante. A água é uma mistura de água de rede e água tratada proveniente da captação de furos e é normalmente distribuída por Barrilete ou por Cisternas e é utilizada como pré-enxaguamento e como intervalo entre etapas de limpeza. A soda é uma solução básica que remove grande parte da matéria orgânica (isto é, restos de cerveja ou outros compostos) e amolece as incrustações. O ácido remove as incrustações (isto é, matéria inorgânica) e o desinfectante elimina os microorganismos. Estes três últimos fluídos tem um tanque de preparação e atuam em sentido fechado.

O Fabrico de Cerveja contempla várias receitas de CIP que variam com o tipo de equipamento e de linha. Cada equipamento/linha tem um procedimento de limpeza que tem a sua própria receita. Apesar disto, é importante realçar que todos os procedimentos de limpeza começam com um teste de integridade. Este teste consiste em enviar água à temperatura ambiente pelo circuito de limpeza com o objetivo de verificar se o circuito está íntegro, ou seja, se o percurso se apresenta sem fugas de modo a que se possa proceder à limpeza com segurança.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Sempre que há alteração de fluido de limpeza faz-se um teste pré-corrida ou seja, envia-se o fluido para o esgoto até se atingir sua condutividade ou temperatura no retorno, para que posteriormente os pulsos de fluido sejam feitos em circuito fechado.

Quando um equipamento se encontra não conforme, isto é ,contaminado durante um longo espaço de tempo o equipamento pode ser sujeito a Ansep CIP. Trata-se de uma solução clorada, bastante agressiva para o equipamento e que é injetada manualmente.

A **Figura 2.5** apresenta o exemplo do esquema de funcionamento de uma CIP na SCC.

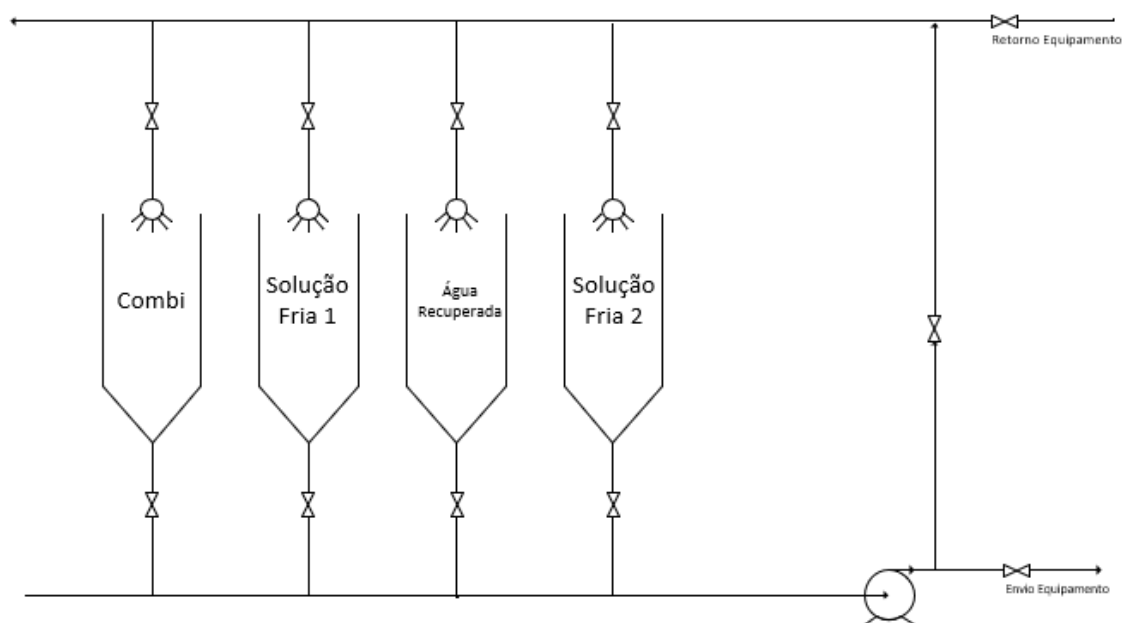


Figura 2.5-Exemplo do Esquema de funcionamento de uma CIP na SCC

3

3. Materiais e Métodos

3.1. Recolha de Amostras

3.1.1. Recipientes de Recolha

O primeiro passo para obtenção de resultados consiste na recolha de amostras. As amostras podem ser recolhidas com dois dispositivos de amostragem diferentes: com uma **Seringa** ou **Garrafa**. A **Seringa** é utilizada quando o volume a inocular é de 1mL enquanto que a **Garrafa** usa-se para recolher amostras que necessitam de 100 mL para inocular. Na **seringa** retira-se essencialmente mosto/cerveja em fermentação, leveduras, e na **garrafa** retira-se amostras não turvas, que posteriormente vão ser filtradas.

Tipos de pontos de amostragem

Os pontos de amostragem que existem a nível microbiológico são de dois tipos:

- **Torneiras:** Aqui é necessário realizar previamente uma purga na torneira para que a amostra não resulte numa falsa contaminação
- **Septos:** Existem dois tipos de septos: septos de silicone com sete pontos e com chapa metálica onde quando se tira uma amostra deve-se identificar e registar previamente o ponto a picar para que não seja picado da próxima vez. Assim que os sete pontos sejam todos picados, o septo é substituído. Existem ainda os septos de silicone de cor verde mais pequenos cujo número máximo de picagens não deve ser superior a quatro.

Esterlização do meio na recolha de amostra

Na recolha de amostras, é necessário que o meio onde se recolhe a amostra seja esterilizado de modo a que os resultados não sejam enviesados (isto é, falso contaminados). Na recolha com **Seringa**, como não há contacto direto entre a cerveja e o meio envolvente, deve-se apenas antes e depois da amostragem desinfetar previamente o ponto com etanol.

Quando a recolha é feita por **Garrafa** existe contacto entre a amostra e o meio envolvente, como tal, assim que a garrafa é aberta para recolher a amostra deve se colocar a chama para esterlizar o meio. Isto irá garantir que não existirá o enviesamento dos resultados. Atenção para não aproximar demasiado a chama ao vidro para que ele não fragmente.

3.2. Tratamento da amostra

3.2.1. Inoculação

Para que seja possível averiguar a existência, ou não, de microrganismos contaminantes numa dada amostra, é necessário que os microrganismos encontrem um meio propício para se desenvolverem. Assim sendo, é necessário introduzir voluntariamente a amostra num meio de cultura propício, isto é inocular. Podem ser realizados 3 tipos de inoculação: **Espalhamento, Filtração e Incorporação**.

Espalhamento

Este tipo de inoculação é realizado com uma ansa de inoculação, previamente esterilizado, que é mergulhado na amostra, no entanto, é necessário dividir a placa de petri com o meio em quatro quadrantes com o fim de direccionar o espalhamento. Assim espalha-se uma certa quantidade de amostra, com a ansa, no meio, sempre seguindo o trajeto dos quadrantes, como exemplifica a **Figura 3.1..**

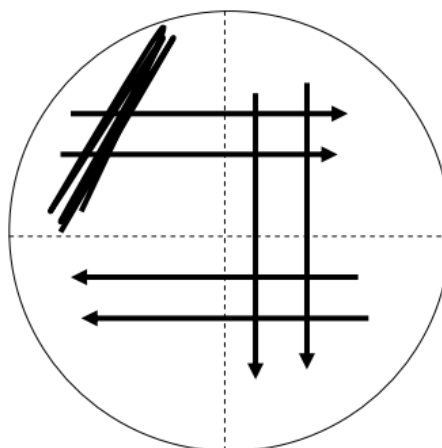


Figura 3.1-Trajetória da inoculação por espalhamento

Filtração

Este processo de inoculação é feito numa câmara de fluxo laminar e serve única e exclusivamente para amostras não turvas. Coloca-se uma membrana esterilizada de porosidade 45µm no funil e de seguida, coloca-se aproximadamente 100 mL de amostra. Quando toda a amostra estiver filtrada, desliga-se a bomba de vácuo e retira-se o filtro que é ,posteriormente, transferido no meio de cultura pretendido.

Incorporação

O meio de cultura é primeiramente aquecido até 90°C para ser fundido. De seguida o meio é colocado em banho-maria para ser termoequilibrado até, cerca de, 50°C. Paralelamente, injeta-se 1 mL da amostra a analisar numa Placa de Petri. De seguida, coloca-se cerca de 10 mL do meio de cultura na placa de petri e distribui-se suavemente com movimentos circulares da placa durante pouco tempo. Posteriormente o meio incorporado fica em repouso até solidificar de novo onde depois segue para a estufa (se o meio for para aeróbios) ou para uma Jarra de Anaerobiose se o meio for seletivo para organismos anaeróbios.

Este tipo de inoculação é utilizado para amostras de fermentação, guarda e levedura.

3.2.2. Meios de Cultura

Existem inúmeros meios de cultura, cada um com a sua seletividade, que a SCC utiliza diariamente para o seu controlo de rotina, porém, para esta dissertação foram apenas usados estes três abaixo citados: WLN,WLD e RR.

WLN

Wallerstein Laboratory nutrient agar é um meio azul-petróleo composto essencialmente por dextrose e Agar e permite detetar a presença de organismos aeróbios ,ou seja: Bactérias, Leveduras e Bolores.

WLD

Wallerstein Laboratory differential agar é um meio azul-petróleo também composto essencialmente dextrose e Agar e permite ,igualmente detetar a presença de organismos aeróbios mas é um meio que contém ciclohexamida que inibe o crescimento de Leveduras.

RR

Raka-Ray é um meio laranja acastanhado composto essencialmente por agar muito seletivo para bactérias anaeróbias como *Lactobacillus* e *Pediococcus*.

3.2.3. Incubação

Após a inoculação da amostra, ela seguirá para um local onde os microrganismos se possam desenvolver. Como foi abordado no capítulo anterior, é necessário que as condições de temperatura sejam ideais para o crescimento do microrganismo em estudo. A **Tabela 3.1** resume todas as informações sobre os meios de cultura já supracitados bem como indica o tempo, a temperatura e o local onde deve ser submetida a placa.

Tabela 3.1-Tabela resumo referente à incubação das amostras

Meio	Tipo de Microrganismos	Tempo de Incubação (Dias)	Local de Incubação	Temperatura de Incubação (°C)
WLN	Aeróbios	3	Estufa	30±1
WLD	Aeróbios excepto Leveduras	3	Estufa	30±1
RR	<i>Lactobacillus</i> e <i>Pediococcus</i>	5	Jarra de Anaerobiose	30±1

3.2.4. Análise de Placas

Contagem Direta/Análise de Microscópio

Após incubação na placa de petri, esta é analisada com o objetivo de verificar o seu o número de ufc (unidades formadoras de colónias) que se desenvolveram aquando do período de incubação. A primeira abordagem consiste numa inspecção visual à vista desarmada. Caso esta seja inconclusiva retira-se um pouco do conteúdo da placa com uma ansa de picagem, coloca-se na lâmina, de seguida faz-se um esfregaço e coloca-se a lamela. No fim prossegue-se à análise microscopial.

Caso ainda seja inconclusiva esta identificação dos microrganismos prossegue-se a outros métodos de detecção que irão ser descritos na alínea seguinte.

3.2.5. Outros métodos de detecção

Coloração Gram

A coloração Gram foi um método criado pelo médico Dinamarquês Hans Christian Gram em 1884. É um método simples e rápido que permite determinar se uma bactéria é gram-positiva ou gram-negativa através da retenção de cor por parte da sua parede celular. Se esta ficar violeta é porque estamos na presença de

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

bactérias gram-positivas e se ficar vermelha estaremos na presença de bactérias gram-negativas. Neste procedimento são utilizados 4 fluídos: Violeta de Cristal, Iodo, acetona e Safranina.

O violeta de cristal serve como o primeiro agente de coloração que faz com que todas as células presentes sejam coloradas de violeta. O Iodo atua como mordente, isto é, reforça a coloração das células. A acetona tem como objetivo retirar a cor das células que não retêm a coloração (quer violeta quer vermelha), enquanto que a safranina impõe coloração vermelha nas células.

O Procedimento para este método é feito da seguinte maneira.:

- Aplica-se violeta de cristal na lâmina com bactérias,
- Fixam-se as células com auxílio do bico de Bunsen,
- Coloca-se o violeta de cristal na Lâmina,
- Enxagua-se com água para remover o violeta de cristal
- Aplica-se uma solução de Iodo para reforçar a coloração das células que reteram o violeta de cristal,
- Enxagua-se com acetona para remover a solução de Iodo e remover a coloração das células que não reteram o violeta
- Enxagua-se com água para remover os restos de acetona,
- Coloca-se a Safranina
- Enxagua-se com água e seca-se a amostra de modo a colocar o óleo de emersão para visualizar os resultados no microscópio.

Teste da Catalase

A catalase é a enzima responsável por converter peróxido de hidrogénio em água. Assim sendo, as bactérias que contêm esta enzima conseguem inibir o efeito bactericida do peróxido de hidrogénio. Normalmente os microrganismos anaeróbios não conseguem sintetizar esta enzima, enquanto que os organismos aeróbios e anaeróbios facultativos contêm esta enzima, podendo converter o peróxido de hidrogénio.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Ao nível do procedimento, coloca-se uma gota de peróxido de hidrogénio e ,de seguida, coloca-se a colónia e verifica-se formam bolhas ou não. Se sim, o teste da catalase dá positivo ,ou seja, as bactérias segregam a catalase; se der negativo,ou seja,não se formam bolhas, não se verifica a existência de catalase.

Teste da Oxidase

O teste de oxidase é um teste muito simples e rápido que consiste na detecção da enzima oxidase, sintetizada por alguns microrganismos. O método consiste em colocar um pouco de tetrametil-p-phenylendiamina (1%) num meio de cultura com microrganismos. Se houver reacção (e isto pode ser verificado pelo aparecimento de cor purpura) quer dizer que o microrganismo é oxidase positivo.

3.3. Registo dos resultados

Após análise, os resultados são registados nos boletins da Microbiologia. Existem dois tipos de boletins da microbiologia (que podem ser consultados no **Anexo II**) com finalidades distintas:

Boletins Diários: Boletim onde é registado o resultado de rotina e em que o mesmo segue ,de seguida, para SAP e, com base nesses registos, são calculados os FTR.

Boletins Extra-Rotina: Boletim onde se regista os resultados das amostragens solicitadas fora do habitual controlo diário microbiológico.

3.4. Rota de Redução de Defeitos Microbiológicos

Uma das metodologias usadas na melhoria do controlo microbiológico no processo cervejeiro consiste numa rota de redução de defeitos microbiologia. É uma rota desenhada em conjunto pela HEINEKEN e por uma empresa de consultoria. É adaptada da ferramenta do TPM,o UPS, e tem por base as metodologias PDCA e SDCA. Esta metodologia contempla 6 etapas que devem seguidas sequencialmente de acordo com a **Figura 3.2:**

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

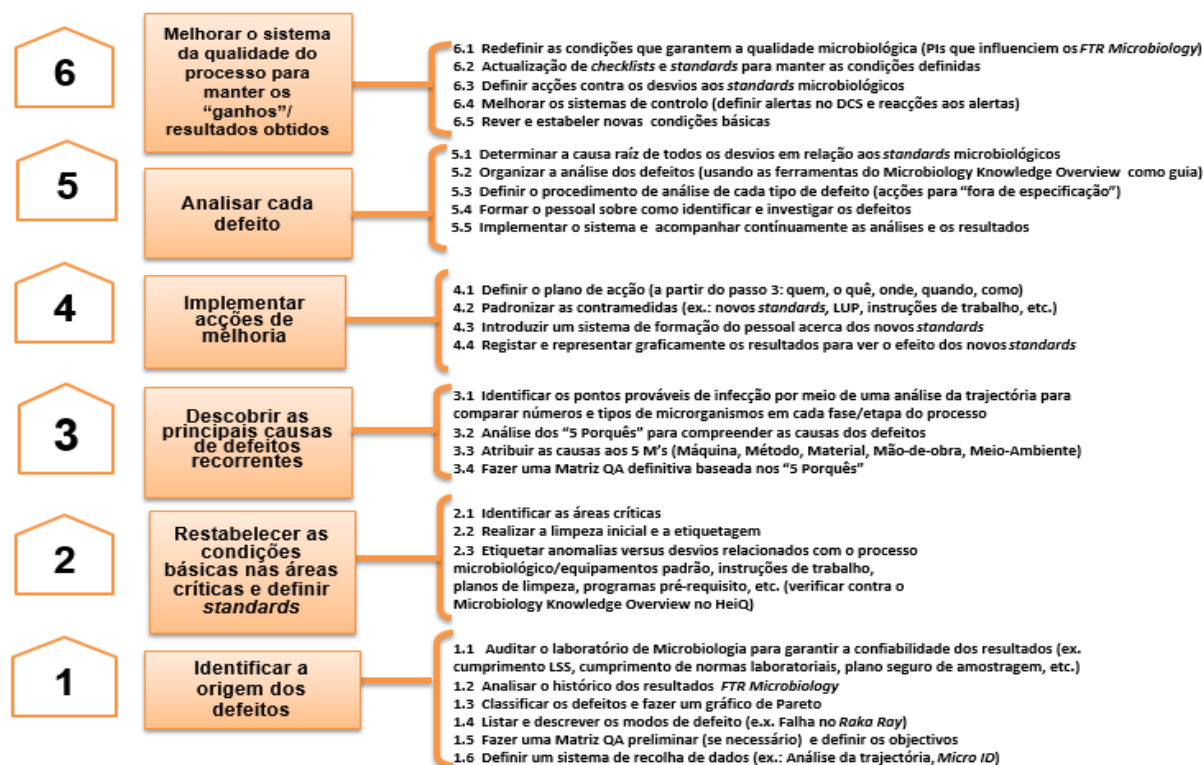


Figura 3.2-Etapas da Rota de redução de defeitos microbiológicos

3.5. Auditorias Internas de Higiene

As Auditorias de Internas Higiene consistiram num acompanhamento semanal nas áreas de produção e no Brewmaxx (*software* informático de controlo de processo utilizado na indústria cervejeira) de modo a detetar conformidades e não conformidades e agir sobre as não conformidades. Foram sugeridas pelo *Hygiene Support* da Heineken que recomendou uma *Checklist* como guia às auditorias de higiene, que pode ser consultada no **Anexo IV**.

A Equipa das auditorias de higien:

As auditorias devem ser constituídas por uma equipa multidisciplinar e multifacetada que consiste em pessoas da Qualidade da Área da Microbiologia, *Managers* da Fabricação de Cerveja, pessoal da Manutenção de Equipamentos e instrumentos de controlo, responsáveis da área, Team Leaders e Operadores de Processo das etapas de Fabricação de Cerveja.

Checklist utilizada na Auditoria:

A Checklist de auditoria de Higiene tem por base uma Checklist proveniente de outra empresa da Heineken e, contempla variadíssimos itens (segregados por assuntos) a verificar que serão apresentados e descritos de uma forma breve na **Tabela 3.2**.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 3.2-Assuntos abordados na checklist de auditoria com a respetiva descrição sumária

Assunto	Descrição
1.Resultados Microbiológicos	Avalia a situação do FTR Microbiológico e verifica a existência de reclamações acerca de off-flavours relacionados com contaminações
2.Documentos & Standards	Averigua a situação atual das instruções de trabalho e a disponibilidade das mesmas. Verifica igualmente se os níveis de higiene foram definidos
3.Housekeeping	Verifica se o nível de housekeeping está de acordo com o padrão bem como se o 5S é acompanhado.
4.Design higiénico do meio envolvente	Ajuiza a higiene do meio envolvente,isto é, Edifícios,tetos,paredes e drenos.
5.Design higiénico de equipamentos	Avalia a higiene e integridade a equipamentos adjacentes aos equipamentos principais do processo tais como tubagens e válvulas. Avalia também a existência de troços mortos no processo
6.Instalação/Equipamento CIP	Estima se possibilidade da CIP abranger todos os circuitos e equipamentos da fábrica, isto inclui a limpeza e desinfecção da própria CIP
7.Método/Procedimento CIP	Valida os procedimentos dos programas de CIP da fábrica e averigua se os parâmetros estão de acordo (etapas,set points, condições, frequência, entre outros)
8. Controlo de Processo CIP	Permite aferir se se os prcedimentos CIP estão controlados (Temperatura, caudal,tempo), acompanhados e dentro de especificação.
9.Inspecção CIP	Verifica a possibilidade de os equipamentos e linhas serem alvo de inspecção visual e seus resultados serem registrados e acompanhados.
10.Treino	Verifica se os colaboradores são sensibilizados em relação à Limpeza e Desinfecção

A Checklist contempla duas colunas:Constatações e Acção e Aprendizagem. Na primeira coluna verifica-se a existência de conformidades e/ou não conformidades em relação ao assunto/item em questão. No que diz respeito à acção e aprendizagem, representam-se os planos de melhoria que advém da auditoria. A Checklist completa com todos os itens encontra-se no **Anexo IV**.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tratamento dos resultados da Checklist:

À medida em que as auditorias são realizadas, as constatações observadas são registadas por escrito e graficamente (sob a forma de foto). Com base nessas constatações são levantadas acções de melhoria que são delineadas aquando das auditorias ou durante as reuniões finais.

Todos este outputs da Checklist seguem para uma folha de *Excel*, que se subdivide em vários pontos:

- **Constatações**: Descrição por extenso dos factos constatados aquando da auditoria,
- **Fotografia**: Ilustração gráfica da constatação verificada,
- **Acção e Aprendizagem**: Descrição por extenso das acções corretivas e/ou preventivas delineadas face a uma não conformidade
- **Responsável**: Identifica o/os responsável/responsáveis por implementar acção delineada no ponto anterior,
- **Quando?**: Estima o *deadline* para a implementação para essa mesma acção,
- **Status**: Estabelece um ponto de situação em relação à implementação de uma dada acção,

A cada constatação observada atribui-se um *score*. Este *score* varia com a conformidade das constatações observadas e é ponderado com base na apreciação crítica, isto é, se o *score* atribuído for de 1 quer dizer que o item verificado está não conforme, ou seja, é um item que é alvo de acção de melhoria. Assim como o *score* de 1, se algum item da auditoria for classificado com um *score* de 2, isto significa que este está parcialmente conforme e que precisa, igualmente, de uma acção de melhoria, no entanto com menor grau de urgência quando comparado com um item ponderado com um *score* de 1. Se o item em questão estiver totalmente *in place*, a este será atribuído um *score* de 3, e, não necessitará de uma acção de melhoria. Uma visão geral do excel por etapa pode ser vista em anexo (**anexo IV**).

Análise Qualitativa do Output da Checklist

Todos os *scores* atribuídos são arrançados de modo a obter o *score* por assunto, para tal é feita a média aritmética dos itens de um dado assunto. Estes resultados seguem para uma matriz de verificações, no *software Excel*, que representa as etapas auditadas na horizontal e os assuntos de cada uma das auditorias verticalmente onde são somados e onde obtemos um resultado por linha e por coluna. Se se fixar uma linha nesta matriz podemos verificar qual a etapa a otimizar num dado assunto assim como se se fixar uma coluna é passível de se fazer a leitura de qual o assunto a otimizar se se fixar uma dada etapa do fabrico da cerveja. É de notar que o somatório de todas as linhas é igual ao somatório de todas as colunas.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Acompanhamento e análise das acções delineadas:

Como já foi referido anteriormente, após as auditorias, são delineadas e implementadas acções de melhoria. Com o intuito de acompanhar assiduamente e aprofundadamente as acções planeadas, foram adicionados novos itens com a/as pessoas responsáveis pela acção assim como o status da acção. Assim que a acção é dada como terminada, é atribuído um novo *score* ao item em questão. Para um melhor acompanhamento e para uma avaliação quantitativa do impacto das acções terminadas foi realizada uma segunda matriz de verificações que utiliza *scores* atribuídos após acções.

4

4. Resultados e Discussão

Reforçando o que foi explicitado anteriormente, esta dissertação está inserida numa filosofia TPM, ou seja, melhoria contínua, como tal, certos itens da rota não serão contemplados neste capítulo uma vez que não foi necessário repetir o que equipas anteriores já tinham realizado, como por o exemplo o ponto 4.1.5.

4.1. Identificar a origem dos Defeitos

O primeiro passo da rota de redução de defeitos microbiológicos inicia-se com uma abordagem histórica de todos as não conformidades que ocorreram no passado e culmina numa decisão que recai sobre que sistema de dados utilizar para a recolha dos mesmos. Este passo subdivide-se em 6 etapas: **Auditar o Laboratório de Microbiologia para garantir a confiabilidade dos resultados; Analisar o histórico dos resultados do FTR; Classificar os defeitos e fazer um gráfico de pareto; Listar os modos de defeito; Fazer uma Matriz QA preliminar e Definir um sistema de recolha de dados.**

4.1.1. Auditar o Laboratório de Microbiologia para garantir a confiabilidade dos resultados

Para que a rota de redução de defeitos microbiológicos funcione na perfeição, é imperativo assegurar que a recolha e o tratamento de amostras tenha que estar em sintonia com o método descrito no **Capítulo 3**.

O Laboratório de Microbiologia da SCC está certificado no sistema LSS (sigla referente a *Laboratory Star System*) da Heineken. Isto significa que os standards de segurança (e isto diz respeito a procedimentos e condições do laboratório) devem estar enraizados no ADN do Laboratório de Microbiologia. Atualmente os Laboratórios da SCC (e isto inclui também o Laboratório de análises Físico-Químicas está classificados com 2 estrelas LSS o que significa que é um laboratório certificado no nível 2 (o nível mais alto).

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Para garantir que as premissas da LSS estão a ser cumpridas existe um plano de auditorias para o Laboratório de Microbiologia onde os seus resultados são registados numa *Checklist* que averigua não só a performance do analista bem como a conformidade dos equipamentos e consumíveis (meios de cultura, recipientes de recolha de amostra, por exemplo). Sendo assim não foi necessário realizar uma auditoria extra para assegurar a confiabilidade da recolha e tratamento de resultados.

Sendo assim foram observados os resultados do HMRA (*Heineken Microbiological Ring Analysis*), que avalia a exatidão das análises no laboratório de Microbiologia de modo a garantir que toda a amostragem e resultados futuros seriam confiáveis. Depois da observação desses resultados, verifica-se que quer a recolha e o tratamento da amostra quer a análise dos resultados no Laboratório de Microbiologia da SCC são fiáveis. Estes resultados demonstram também que todos os equipamentos estão bem calibrados e que os consumíveis usados estão conformes.

4.1.2. Analisar o Histórico do FTR Microbiológico

Para ajudar a compreender melhor a possível origem da contaminação microbiológica no fabrico de cerveja foi necessário estudar o comportamento do FTR Microbiológico, essencialmente no ano transato, 2018. Primeiro, e assim como foi efetuado no **Capítulo 1**, foi necessário segregar o FTR Microbiológico nos dois FTR mais relevantes desta dissertação, isto é, FTR Micro Fermentação e Filtração.

FTR Micro Fermentação

Em 2018, o FTR Micro da Fermentação foi objetivado para 93%, tal como este ano. De acordo com a análise mensal do FTR, este só se encontrou acima do Target definido no mês de Janeiro, sendo que o mês de Junho foi o segundo melhor mês do ano no que diz respeito a este indicador. Denotou-se também que os meses de Verão bem como o último mês do ano foram os meses onde o indicador caiu mais drasticamente (por volta dos 80%, em concreto). A **Figura 4.1** ilustra o comportamento do FTR ao longo do ano de 2018, por mês.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

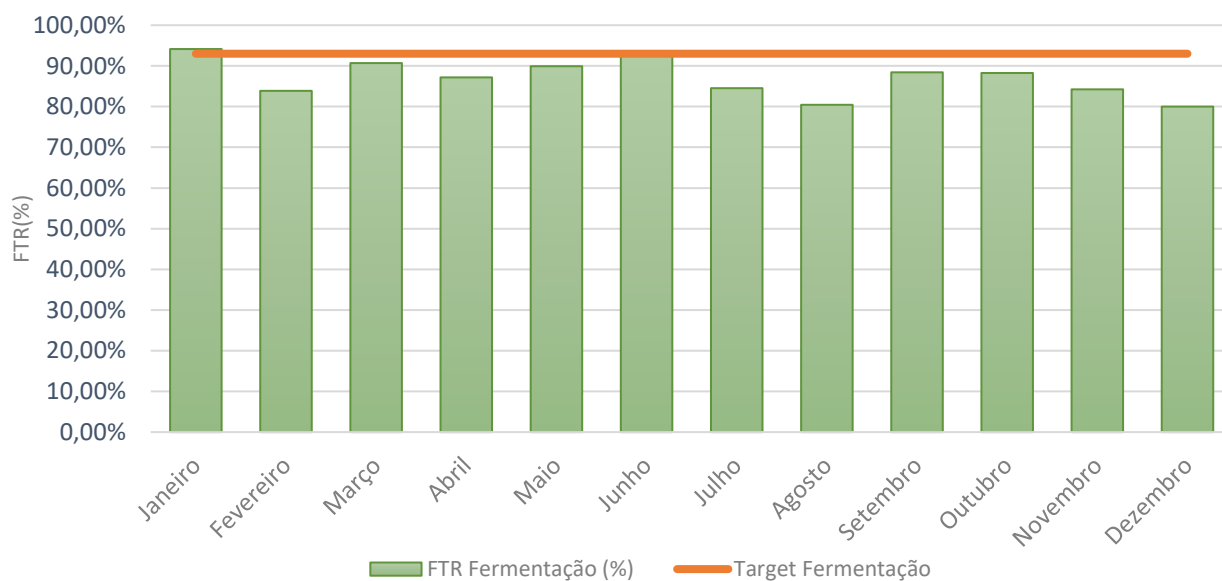


Figura 4.1-Evolução mensal do FTR da Fermentação em 2018

No fim do ano, o FTR Micro acumulado da Fermentação foi de **87.5%**, inferior ao *Target* pré-definido pela Cervejeira.

FTR Micro Filtração:

No ano transato, o FTR Micro da Filtração foi globalmente mais crítico quando comparado com o FTR da etapa anterior, uma vez que em nenhum dos meses do ano de 2018 foi alcançado o *target* objetivado para esta etapa, isto é, 91%; sendo que o mês com melhor resultado foi o mês de Março. Outra razão que justifica a constatação anterior é a de que o valor acumulado do FTR da Filtração ter sido inferior que o FTR da Fermentação, ou seja, **84.3%**.

Uma ideia gráfica do comportamento do FTR da Filtração em 2018 é ilustrada pelo gráfico em baixo.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração



Figura 4.2-Evolução mensal do FTR da Filtração em 2018

FTR Microbiológico:

Como já foi mencionado no **capítulo 1**, o FTR Microbiológico resulta do produto do FTR do Enchimento com o FTR da Produção de Cerveja (FTR *Micro Beer Production*).

O comportamento do FTR Microbiológico assemelha-se muito ao FTR da Produção de Cerveja, dado que o FTR do Enchimento permanece constantemente nos 100%. Isto acontece tendo em conta que a cerveja recolhida no ponto de amostragem da etapa do Enchimento já se encontra pasteurizada, o que permite que o produto acabado esteja isento de microrganismos. Este gráfico pode ser consultado em **Anexo III**.

Tendo em conta que o FTR da Produção de Cerveja é o resultado do produto do FTR Micro Fermentação e do FTR Micro Filtração, é expectável que este também não tenha atingido o *target* pré-definido. Pela análise da **Figura 4.3** podemos verificar não só a proposição anterior, como também que os meses em que o *score* do FTR Microbiológico esteve mais próximo do objetivo foram Março e Junho, justamente os meses onde os FTR Micro Fermentação e FTR Micro Filtração estiveram mais conformes.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

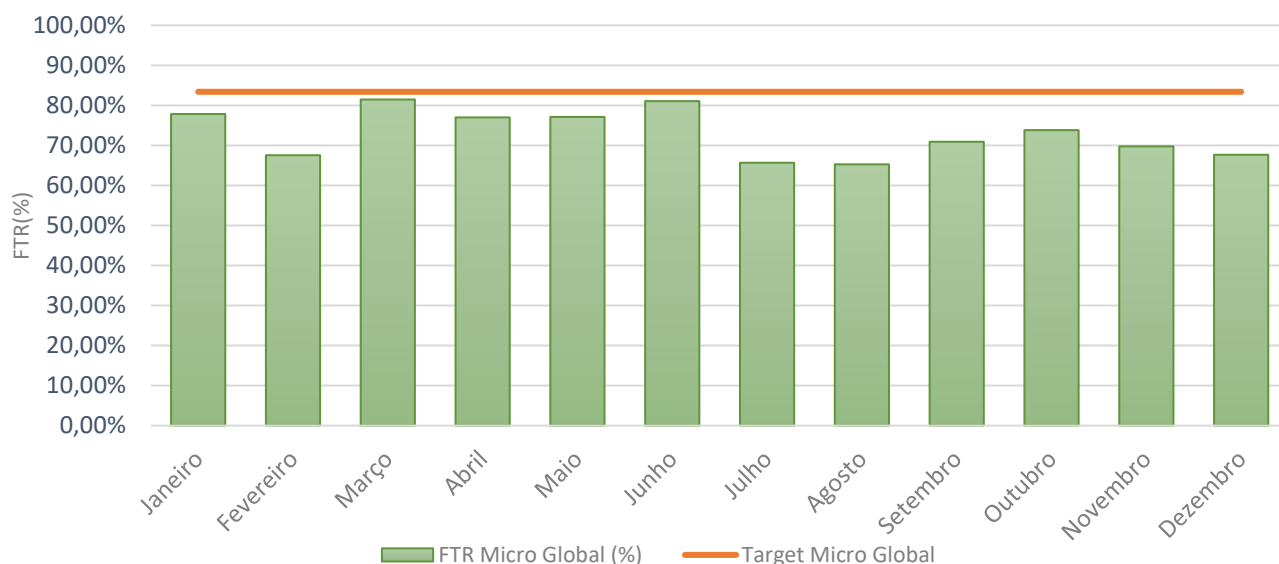


Figura 4.3-Evolução mensal do FTR Microbiológico global em 2018

4.1.3. Classificar os defeitos e fazer um gráfico de Pareto

De modo a comprovar que a Fermentação e a Filtração foram as etapas mais críticas a nível microbiológico, elaborou-se um gráfico de Pareto baseado no número de falhas que ocorreram no ano transato e que irá averiguar a veracidade da premissa anterior. É de realçar que os dados do número de falhas na maturação e arrefecimento do mosto foi retirado do FTR Micro da Maturação e através dos boletins diários, respetivamente. Após um levantamento histórico dessas falhas, o Pareto realizado foi o que se segue, na **Figura 4.4.**

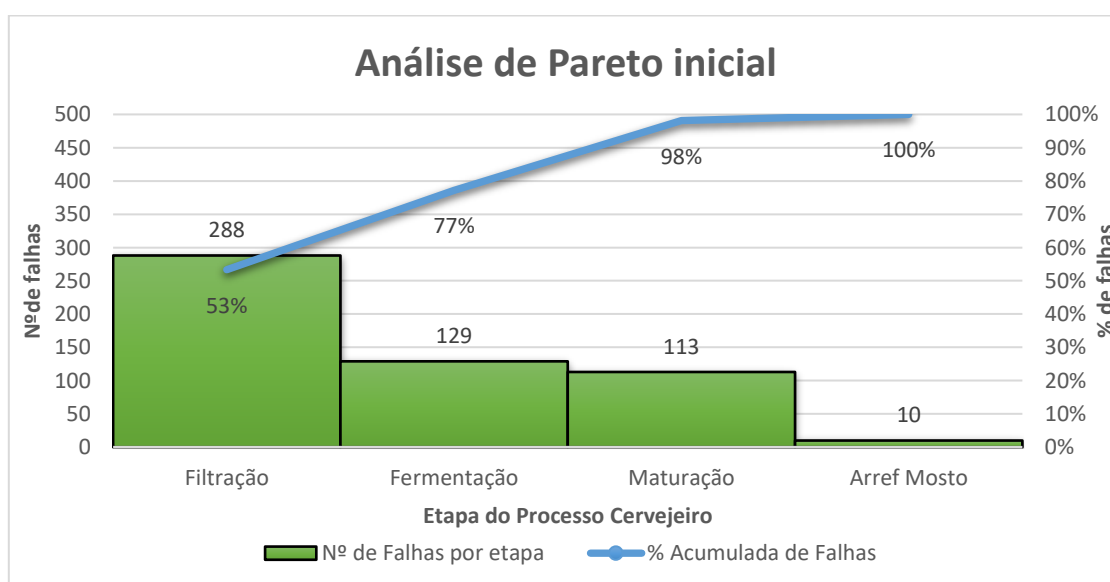


Figura 4.4-Pareto inicial com base nas falhas de 2018

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Analisando este gráfico é possível concluir que a Filtração e a Fermentação constituem aproximadamente em 80% das falhas registadas no ano passado na cervejeira, que segundo a teoria de Pareto são os erros de maior relevância (como abordado no **Capítulo 2**).

4.1.4. Listar os modos de defeito

Para perceber melhor o processo cervejeiro em si e para que fosse possível discriminar os pontos de amostragem ao longo das etapas do processo em estudo foram mapeadas estas duas etapas com base no exemplo da Heineken do México. Por outras palavras, foi feito um diagrama de blocos (que pode ser consultado nas Figuras 4.5. e 4.6., que dizem respeito a Fermentação e Filtração respetivamente) para a fermentação e para a filtração com os pontos de amostragem devidamente discriminados.

4.1.5. Fazer uma Matriz QA Preliminar

Tendo em conta que esta dissertação está inserida numa filosofia de melhoria contínua, as equipas de melhoria anteriores tinham realizado matrizes QA, sendo assim não foi necessário criar uma Matriz QA preliminar. A Matriz QA final (que incluem os resultados de equipas anteriores) será apresentada no **subcapítulo 4.3.** .

4.1.6. Definir um sistema de recolha de dados

De modo a averiguar quais as fontes de contaminação microbiológica nas duas etapas do processo cervejeiro em estudo foram utilizadas duas estratégias distintas: **Análises de Trajetória e Auditorias de Higiene**.

As **Análises de Trajetória** consistiam num estudo do comportamento microbiológico da cerveja ao longo das várias subetapas do processo com o intuito de obter uma resposta rápida da causa-raiz do problema, sendo que no final desta análise poderia ser executada um plano de amostragem complementar, a fim de encontrar essa mesma causa raiz. Todos os resultados dessa trajetória podiam ser recolhidos nas folhas de registo diário e nas folhas extra-rotina (ambas no **Anexo II**).

Na Fermentação os locais da trajetória que poderiam alvo de amostragem foram:

- Mosto pós-arejado (com ou sem cerveja recuperada)
- Fermentação (2º dia)
- Tanque de Propagação
- Tanque de Levedura
- Cerveja Recuperada

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Na Filtração os locais da trajetória alvos de amostragem foram:

- Filtro de Cartuchos
- Tanques de Cerveja Filtrada

É importante que nas análises de trajetória também foi interessante averiguar os resultados microbiológicos da CIP, quer a nível das soluções, quer a nível das águas de enxaguamento (que, como já foi referido, validam a eficácia da CIP, a nível microbiológico). Os tanques de soluções CIP que foram amostradas foram a nova e a responsável pela limpeza das etapas adjacentes à Fermentação, isto é, Propagação e Recuperação de Levedura.

Nas **Auditorias de Higiene** o sistema delineado para recolher os dados teria por base uma *Checklist*, onde se discriminavam os scores, tal como referido no capítulo anterior. Estes scores seriam acompanhados de uma breve descrição sumária das não conformidades (caso as hajam), seguido de representação gráfica.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

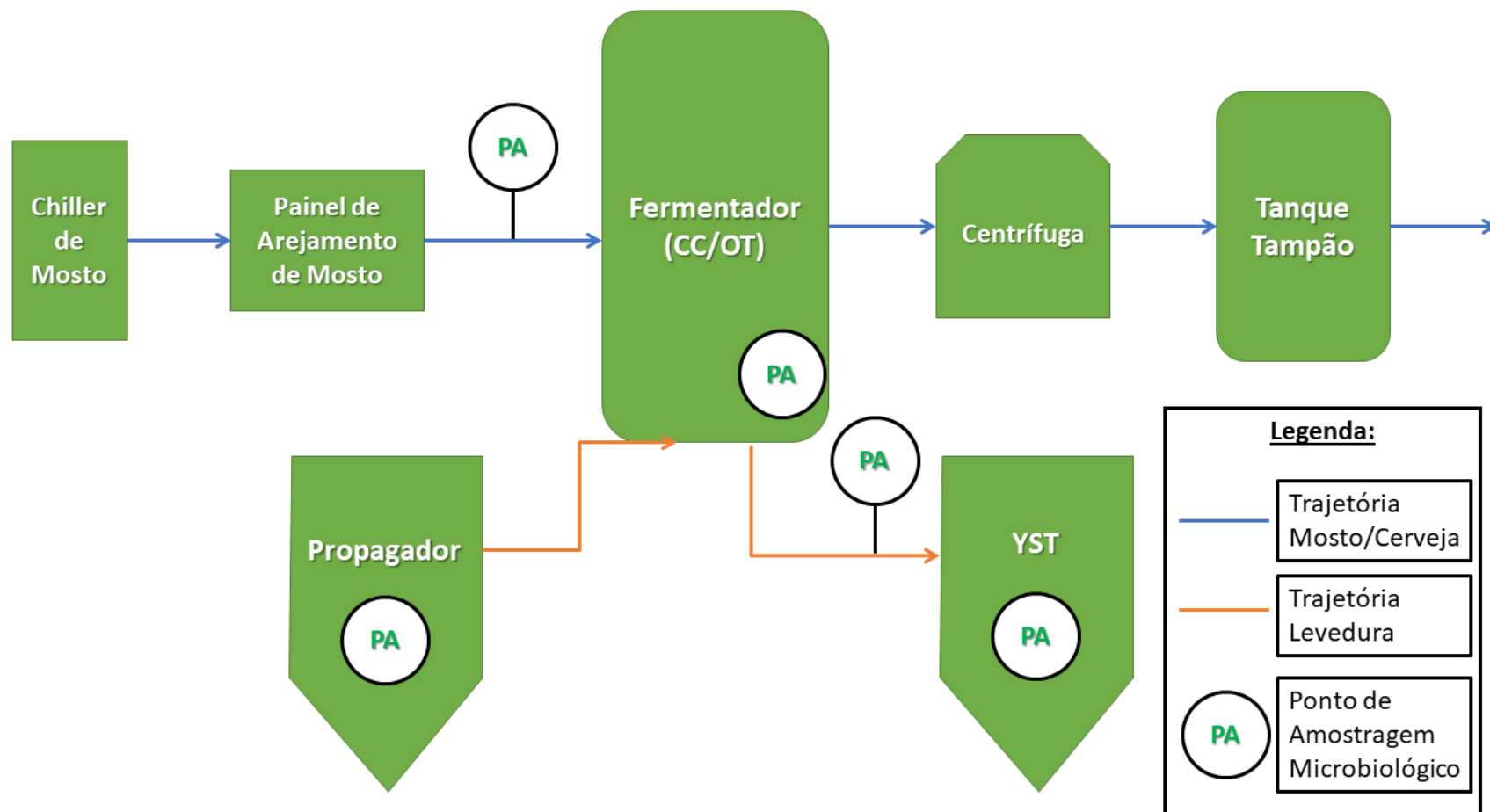


Figura 4.6-Micromapeamento Fermentação

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

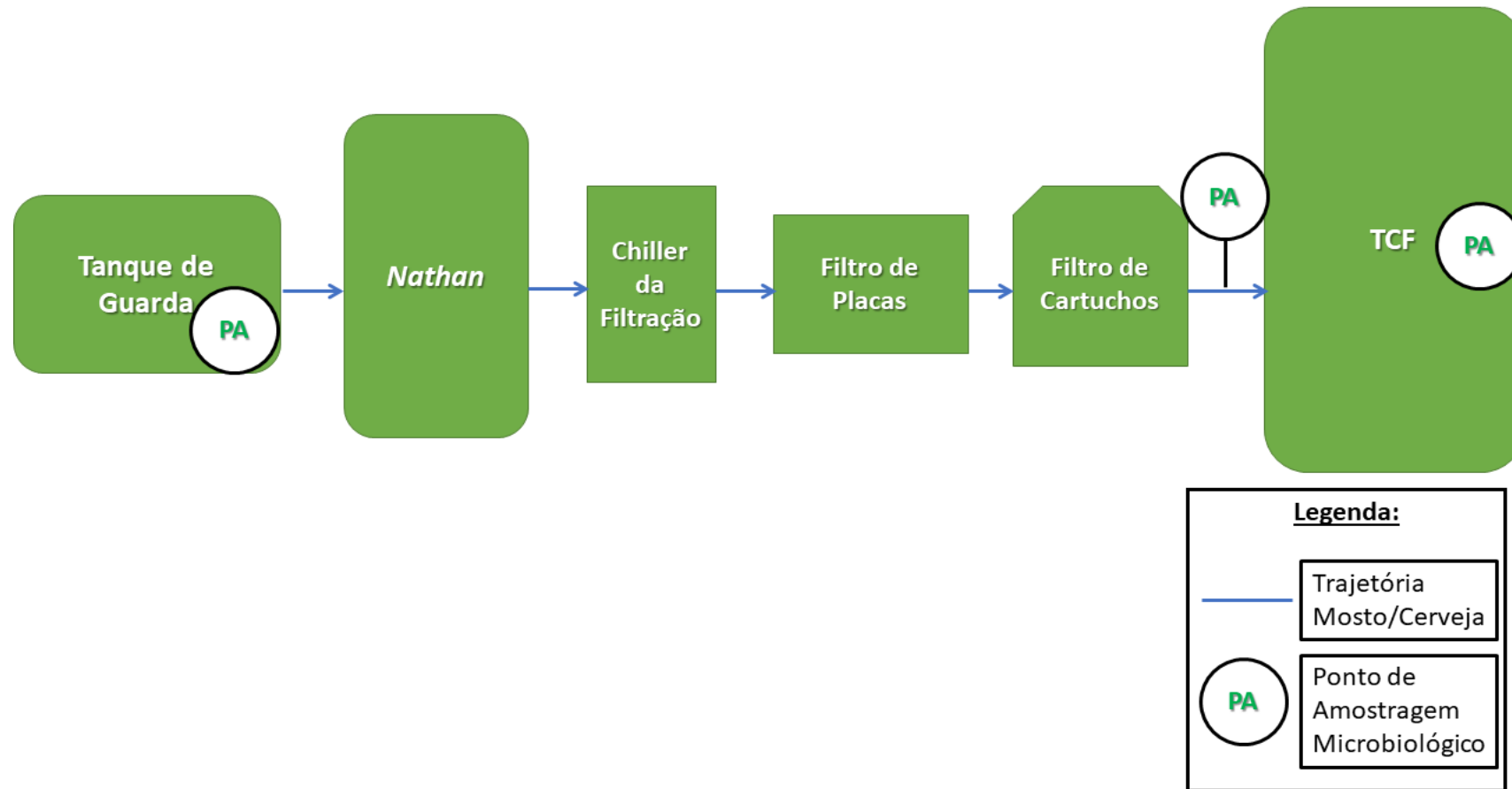


Figura 4.7-Micromapeamento Filtração

4.2. Restaurar as condições iniciais e definir *Standards*

O segundo passo da rota consiste num acompanhamento no terreno de todos os acontecimentos que ocorrem durante a Fermentação e a Filtração, de modo a obter conhecimento empírico para discriminar causas-raiz prováveis. Sendo assim, esta tranche da rota subdivide-se em 3 pontos: **Identificar as áreas críticas, realizar a limpeza inicial e etiquetagem e etiquetar anormalias versus desvios relacionados com o processo microbiológico/equipamento padrão, instruções de trabalho, planos de limpeza, pré-requisitos, entre outros.**

4.2.1. Identificar as Áreas críticas

Para que fosse possível discriminar os pontos críticos do processo, a nível microbiológico, foi necessário recorrer-se as auditorias de higiene, que, como descrito no **Capítulo 3**, se definem como um acompanhamento semanal nas áreas de produção e no *Brewmaxx*, que é o *software* de automatização da SCC. As áreas auditadas foram, por ordem, Arrefecimento do Mosto, Fermentação, Propagação da Levedura, Tratamento da Levedura, Maturação e Filtração. Para além destas áreas, as salas CIP que dizem respeito à limpeza dos equipamentos e circuitos destas etapas, também foi alvo de auditoria.

No **Arrefecimento do Mosto** foi auditado, não só a parte de arrefecimento e arejamento do mosto, como também as salas CIP responsável pela limpeza do circuito de mosto frio e arejado. Após a auditoria verificou-se as áreas críticas seriam as seguintes:

- Whirlpool
- Permutadores de Calor do Mosto
- Filtros e pré-filtros de Arejamento
- Paineis de Mosto Arrefecido

Na **Fermentação** foram alvos de auditoria quer os dois tipos de Fermentadores bem como as CIP responsáveis pela limpeza dos fermentadores e circuitos. Após a auditoria concluiu-se que as áreas críticas consistiam nas seguintes:

- CC
- OT
- Circuito de Recuperação de CO₂
- Zona de Doseamento do Caramelo
- Filtros e pré-filtros de Ar e CO₂

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

A **Propagação** e a **Recuperação da Levedura** são etapas que funcionam em paralelo com a Fermentação e onde o número de leveduras cresce significativamente e onde a Levedura é recuperada para que possa ser reintroduzida na Fermentação, respetivamente. Sendo as Leveduras um microrganismo que podem ser contaminado é necessário que estas duas etapas sejam auditadas bem como a CIP responsável pela limpeza dos equipamentos e circuitos. Após auditoria, verificou-se que as áreas mais críticas eram as seguintes:

- Tanques de Soda e Água Recuperada
- Filtros e pré-filtros de Ar e CO₂

Ao nível da **Maturação**, foram auditados os dois locais de maturação: A sala dos Tanques Horizontais e a sala das Tinhas; bem como a sala CIP responsável pela limpeza destes mesmos equipamentos. Resultante das auditorias, verificou-se, sobretudo, não conformidades ao nível de *Housekeeping*, no entanto verificou-se outras zonas críticas da etapa acima descrita nomeadamente:

- Pontos de amostragem dos Tanques Horizontais
- Procedimentos CIP
- Respiro do Tanque
- Filtros e pré-filtros de ar

A **Filtração** consistiu na última etapa do processo cervejeiro a ser alvo de auditoria e, assim como nas outras etapas, não só foi auditado o processo em si mas também a CIP responsável pelo mesmo. De acordo com a auditoria feita, concluiu-se que as áreas críticas são:

- *Nathan*
- Doseamento de Kieselguhr
- Doseamento de Aromas
- Matriz de Válvulas antes dos *Chillers*
- Tanques de Cerveja Filtrada
- Filtros e pré-filtros de Ar e CO₂

4.2.2. Etiquetar anormalias versus desvios relacionados com o processo microbiológico/equipamento padrão, instruções de trabalho, planos de limpeza, pré-requisitos, entre outros

De modo a satisfazer os objetivos desta alínea, recorre-se, uma vez mais, às auditorias de higiene cuja *checklist* preenche todos os requisitos no que diz respeito ao processo microbiológico, instruções de trabalho e planos de limpeza.

A Equipa:

Tal como foi mencionado no **Capítulo 3**, foi formada uma equipa multidisciplinar em que cada membro tinha uma tarefa em específico. É de realçar que este acompanhamento no terreno era realizado todas as quintas-feiras. A constituição da equipa, bem como a função que desempenhava está representada na **Tabela 4.1**.

Tabela 4.1-Constituição da equipa das auditorias de higiene e respetiva função

Cargo	Função
<i>Trainee/Team Leader</i>	Acompanhamento no terreno, levantamento de acções de melhoria transformação dos resultados da checklist (análise quantitativa)
<i>Microbiology and Sensory Control Manager.</i>	Acompanhamento no terreno, levantamento e implementação de acções de melhoria
<i>Brewing and Malt Mechanic</i>	Implementação/substituição/manutenção de instrumentos e controlo do processo
<i>Beer Processing Manager</i>	: Acompanhamento no terreno, levantamento e implementação de acções de melhoria
<i>Brewing Specialist</i>	: Acompanhamento no terreno, levantamento e implementação de acções de melhoria
<i>Team Leader Adegas/Filtração</i>	Acompanhamento no terreno e levantamento de acções de melhoria
<i>Operadores Adegas/Filtração</i>	Acompanhamento no terreno e levantamento de acções de melhoria

Em cada etapa supracitada no subcapítulo **4.2.1**. foram encontradas anomalias, isto é, não conformidades, não obstante existiram dois tipos de desvios à conformidade encontrados que foram transversais a todo o processo cervejeiro: Algumas instruções de trabalho a necessitar de atualização e refrescamento no que diz respeito à formação dos Operadores ao nível do C&D (Limpeza e Desinfecção).

Na primeira etapa auditada, isto é, o **Arrefecimento do Mosto**, os desvios específicos desta etapa estão relacionados com as áreas críticas identificadas em **4.2.1**. Os tipos de não conformidades identificados nesta etapa estão organizados na **Tabela 4.2.**, bem como a sua representação gráfica.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.2-Não conformidades observadas na etapa do arrefecimento de mosto

Descrição	Foto
Tubagem dos permutadores de calor do mosto com rugosidades	
Fuga na Válvula tipo sandwich junto ao painel de arejamento do mosto	
Pré-Filtros do arejamento do mosto sem plano de substituição	

Na etapa da **Fermentação**, para além das anormalias transversais verificadas em todo o processo cervejeiro, foram constatados vários desvios à conformidade, maioritariamente no que diz respeito ao design higiénico dos equipamentos e linhas. Estas constatações foram aglutinadas numa tabela juntamente com a sua representação gráfica:

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.3-Não conformidades observadas na etapa da Fermentação

Descrição	Foto
Vedantes das CC junto à zona do doseamento do caramelo em mau estado	
Vários Pontos de amostragem das OT e CC contaminados	
Os circuitos de recuperação de CO ₂ nos OT não podem ser higienizados	
Pré-Filtros da Fermentação sem plano de substituição	

Nas etapas que ocorrem em simultâneo com a Fermentação, isto são, **Propagação e Recuperação da Levedura** verifica-se um défice de conformidade nomeadamente na CIP

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

responsável pela maior parte da higiene dos equipamentos e linhas destas duas etapas. As não confirmadas verificadas aquando da auditoria e a sua representação gráfica foram transpostas na **Tabela 4.4**:

Tabela 4.4-Não conformidades observadas nas salas de propagação e de leveduras

Descrição	Foto
A zona dos Tanques da CIP com vestígios de Soda (no chão e nos tanques)	
Pontos de amostragem contaminado	
Filtros da Propagação sem plano de substituição	
Soda no topo de um dos Tanques de Levedura	

A **Maturação** é a zona mais antiga da fabricação de cerveja da SCC, onde os seus tanques horizontais contam com mais de 50 anos de utilização. Após auditoria, verificou-se algumas não conformidades, nomeadamente a nível de *Housekeeping*, como seria expectável dado a antiquidade da zona. Os desvios à conformidade estão organizados na **Tabela 4.5**:

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.5-Não conformidades observadas na etapa da maturação

Descrição	Foto
Paredes com bolores	
Drenos com resíduos de cerveja	
Tubagem de nível dos tanques não conforme e sem plano de higienização	
Pontos de Amostragem com bolores	
Filtros e Pré-Filtros de Ar sem plano de manutenção e substituição	

É de realçar que, apesar de os procedimentos CIP não serem os mais corretos, de acordo com os *standards* da Heineken, estes não podem ser exequíveis de tal forma, uma vez que os revestimentos dos tanques estão danificados (dado a antiguidade do local), o que faz






Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

com que o material dos tanques de Guarda seja susceptível a corrosão por parte dos agentes de limpeza, nomeadamente, ácido e oxónia.

Por fim, a **Filtração** foi a última etapa a ser alvo de auditoria. Para além das anormalias transversais a cada etapa do processo cervejeiro, foram constatadas não conformidades no que diz respeito a *Housekeeping*, design higiénico de equipamentos e instalação CIP. Estes resultados estão transposto na **Tabela 4.6**.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.6-Não conformidades observadas na etapa da Filtração

Descrição	Foto
Biofilme no exterior da <i>Nathan</i>	
Caldeiro de doseamento de <i>Kieselguhr</i> com vestígios de <i>Big Bag</i> (Saco de armazenamento do <i>Kieselguhr</i> em pó)	
Fuga na Matriz de Válvulas antes dos arrefecedores da Filtração	
Tubagem de Retrolavagem dos filtros com potencial existência de bactérias formadoras de esporos	
<i>Carboblender</i> da linha 1 sem filtro de CO ₂	

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Avaliação quantitativa das constatações observadas:

Após identificar as conformidades e não conformidades devido às auditorias de higiene foi interessante avaliar quantitativamente cada item da *checklist* para averiguar como se classifica cada etapa do processo cervejeiro a nível microbiológico. Assim como foi abordado no **capítulo 3**, foi construída uma matriz de verificações ,com base nos scores atribuídos a cada ponto da *checklist*. A matriz encontra-se em baixo, **Figura 4.8**. Os scores atribuido a cada item em específico estão disponíveis no **Anexo VI**.

	Arrefecimento de Mosto	Fermentação	Propagação	Sala de Leveduras	Guarda	Filtração	Total
Resultados Microbiológicos	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	17,50
Documentos & Standards	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	12,00
Housekeeping	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	2,0	14,00
Design Higiénico do meio envolvente	3,0	3,0	2,0	2,0	1,0	1,7	12,67
Design Higiénico de Equipamentos	2,3	1,8	2,3	2,8	2,3	1,8	13,00
Instalação/Equipamento CIP	3,0	2,0	2,3	2,0	2,3	2,7	14,33
Métodos/Procedimentos CIP	3,0	3,0	2,9	3,0	2,6	2,6	17,13
Controlo de Processo CIP	2,8	3,0	2,5	2,3	3,0	2,5	16,00
Inspecção CIP	3,0	2,5	2,0	2,0	3,0	1,5	14,00
Treino	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	12,00
Total	26,00	25,25	22,96	24,00	23,21	21,21	142,63

Figura 4.8-Matriz de verificações com os scores pós-auditoria

Consultando atenciosamente a matriz acima inserida, é possível concluir que a grande maioria das etapas do processo de fabricação de cerveja estão *in place*, isto é, conformes, não obstante existem duas etapas que estão parcialmente conformes, como o caso da Propagação da Levedura e da Filtração.

Se se focar essencialmente nos assuntos da *Checklist* podemos averiguar que os Documentos & *Standards* e Treino estão parcialmente conformes, o que é transversal a qualquer etapa do processo; como já foi explicitado anteriormente. Também expectável foi o *score* atribuído à Maturação no que diz respeito ao design higiénico do meio envolvente como já foi relatado.

4.3. Descobrir as principais causas de efeitos recorrentes

A terceira etapa da rota de redução de efeitos microbiológicos incide sobretudo nos resultados das análises de pontos críticos do processo derivados maioritariamente das análises de trajetória, de análises experimentais e de análises de causa-raiz (a partir das folhas de 5 porquês). Este subcapítulo segregar-se-à em quatro: **Identificar os pontos prováveis de**

infecção, Análise de 5 porquês para compreender as causas dos efeitos, Atribuir causas aos 5M e gerar uma matriz QA Final.

4.3.1. Identificar os pontos prováveis de infecção

De modo a discriminar os possíveis pontos críticos do processo a nível microbiológico foi feita uma abordagem que recaiu sobretudo em análises de trajetória, complementadas posteriormente por trabalho experimental.

É de realçar que estas análises de trajetória têm um carácter muito importante na medida que auxiliam, igualmente, na identificação de causas-raiz através de análises de 5 Porquês, que irão ser abordadas com mais detalhe em **4.3.2.** .

Análises de trajetória na Fermentação:

Nesta etapa, as análises de trajetória realizadas incidiram mais no trajeto que a levedura efetua, desde a sua propagação no propagador até ao filtro de prensa. Como foi referido anteriormente no **Capítulo 2**, cada levedura tem 6 gerações o que significa que pode ser usada em 6 fermentações consecutivas. Com base nesta última informação foi esquematizado este trajeto, como exemplifica a **Figura 4.9**.

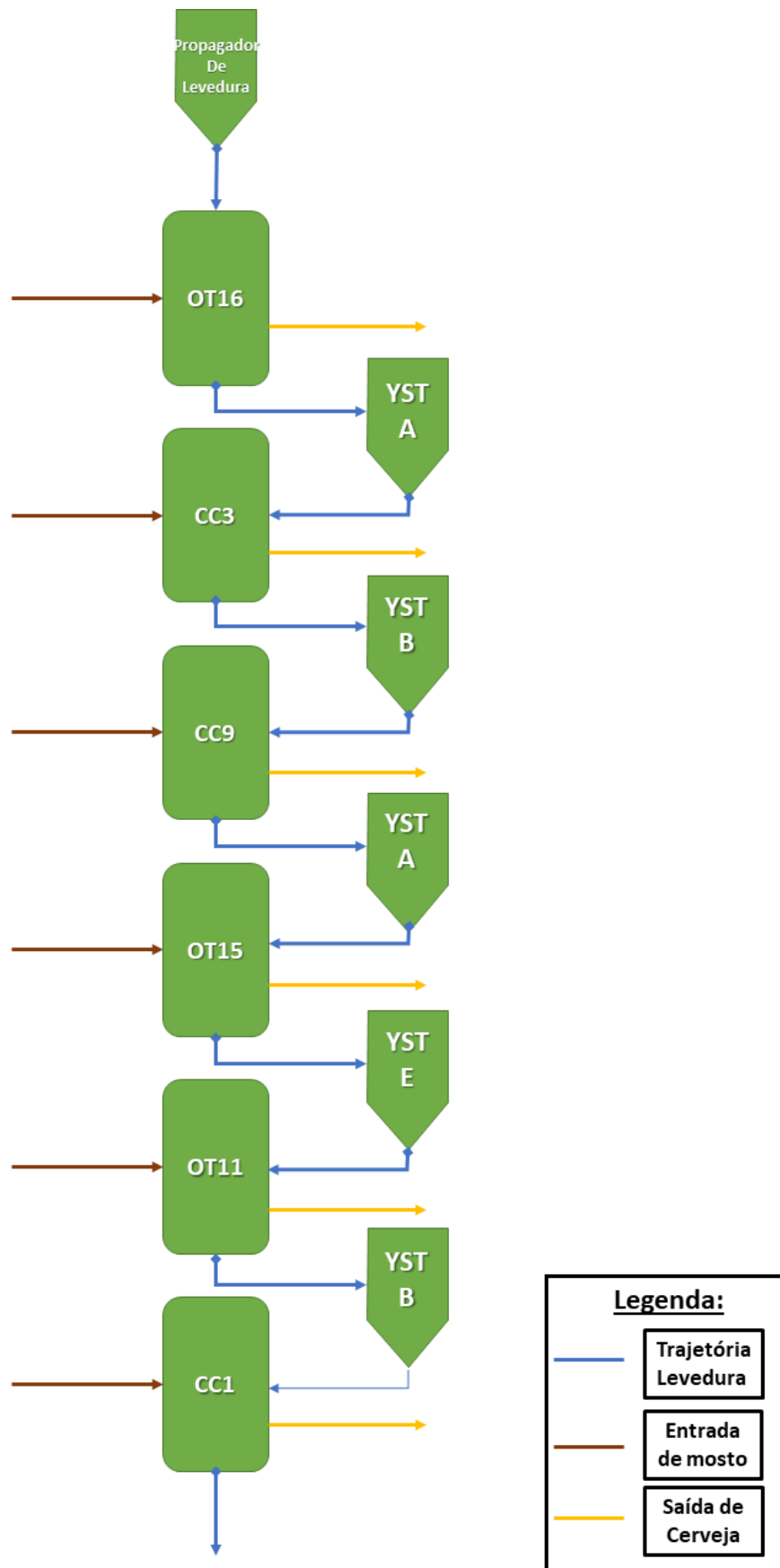


Figura 4.9-Exemplo de uma trajetória de levedura

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Análises de Trajetória na Filtração:

Na Filtração, a análise de trajetória construída tinha por base os ciclos de filtração que ocorriam numa dada semana. Nesta ferramenta assinalava-se o tempo de esterilização, o intervalo de tempo entre a esterilização e o arranque do filtro, o TCF que enchia, o tipo de cerveja que o TCF enchia, os tanques de guarda provenientes, o filtro que mudou de placas e o seu resultado microbiológico do controlo diário, caso houvesse. Esta ferramenta está exemplificada no **Anexo V**.

Análise extra-rotina experimental:

Como foi referido anteriormente, foi realizado trabalho experimental fora do controlo diário com o intuito de complementar as análises de trajetória. De seguida apresentar-se-ão vários pontos críticos analisados sob um plano de amostragem bem definido.

Eficiência da CIP

Para este conjunto de experiências foi necessário testar em alguns possíveis pontos críticos a presença ou não de microorganismos contaminantes nos troços de limpeza de equipamentos como tal foi necessário avaliar a eficiência das CIP.

A nível microbiológico, uma CIP é eficaz se, e só se eliminar todos os microrganismos presentes no equipamento. Para aferir se a CIP é eficaz ou não, retira-se uma amostra da última água de enxaguamento (o último passo de qualquer CIP na SCC).

4.3.1.1. Adegas

Análise da Cerveja Recuperada:

Um ponto de interesse para alvo de estudo foi a cerveja recuperada. Como já foi referido anteriormente, a cerveja recuperada provém de dois locais distintos: do filtro de prensa ou da filtração. Esta cerveja é armazenada nas Tinas, normalmente para a Tina 13. Como tal, foi necessário amostrar este tipo de cerveja. O resultado encontra-se na **Tabela 4.7**:

Tabela 4.7-Resultados microbiológicos da cerveja do tanque de armazenamento de cerveja recuperada

WLN (1 mL)	RR (1 mL)
inc.	inc Pedi

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

É de notar que este resultado não tem validade estatística uma vez que este tipo de cerveja só foi amostrado uma vez, em vez de as três vezes que é o mínimo número de amostras a realizar para validar estatisticamente. No entanto, este resultado pode ser considerado como credível uma vez que, os equipamentos de onde provém a cerveja recuperada não são higienizados com muita frequência. Com base em tudo o que foi referido, a cerveja recuperada é considerada um ponto crítico tendo em conta a elevada contaminação quer a nível aeróbio quer a nível anaeróbio. No entanto, tendo em conta que esta cerveja é incorporada no mosto a quente é necessário avaliar o efeito da acção térmica do mosto nesta cerveja recuperada. Primeiro foi efetuado um levantamento histórico de todos os mostos amostrados diariamente com cerveja recuperada desde o início de 2019. A **Figura 4.10** evidencia o número de falhas nos primeiros seis meses de 2019 de mosto com cerveja recuperada.

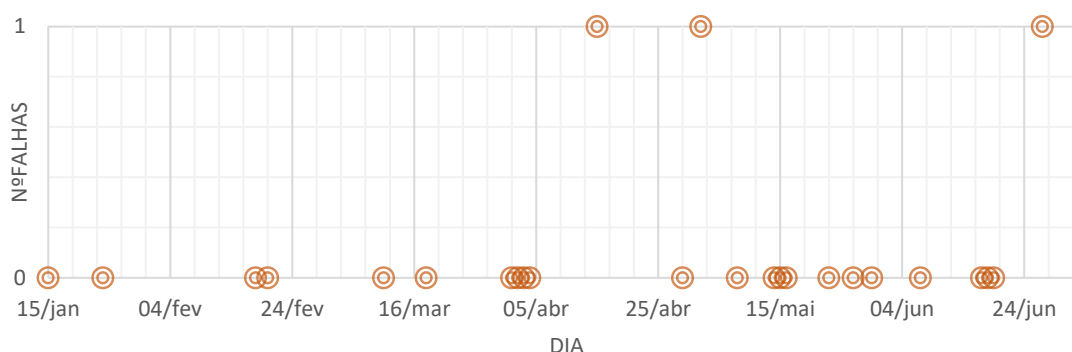


Figura 4.10-Gráfico de mostos com cerveja recuperada contaminados durante o tempo de análise

Como se pode verificar, foram três o número de falhas de mosto com cerveja recuperada nos últimos seis meses. Para além disto foi calculado o número de unidades de pasteurização que este mosto teria na cerveja recuperada. Esse valor pode ser calculado através desta equação, previamente arranjada:

$$UP = t * 1.393^{T-60} \quad (3.1)$$

Tendo em conta que o tempo de contacto são aproximadamente 2 minutos e que o mosto se encontra a 96°C (aproximadamente), o número de unidades de pasteurização obtido foi de 42000 UP. Como tal, é possível de concluir que o mosto possui um impacto significativo na eliminação de microrganismos da cerveja recuperada e que a cerveja recuperada é um “falso ponto crítico”.

Tratamento da Levedura com ácido (validação do circuito CIP a recuperação de levedura):

O tratamento de Levedura com ácido consistia numa medida de mitigar a contaminação microbiológica nas adegas. Sempre que a Levedura era recuperada de um Fermentador, esta era tratada com ácido que fazia com que o pH diminuísse e que as bactérias fossem eliminadas. Porém, o tratamento com ácido aumentaria significativamente o número de células mortas das Leveduras.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tendo em conta que, durante este ano o FTR semanal da Fermentação tem estado, normalmente, a 100% e considerando que a mitigação do número de células mortas constitui outra prioridade da cervejeira, optou-se por deixar de tratar a levedura com ácido. Para avaliar o impacto ao nível microbiológico desta ação foram feitas duas abordagens: Uma abordagem histórica, do impacto de Tanques de Leveduras contaminados nos Fermentadores para onde seguiria a Levedura e uma abordagem experimental em que se validaria a CIP responsável pela limpeza dos circuitos de inoculação e recuperação da levedura.

Impacto Microbiológico dos Tanques de Levedura nos Fermentadores:

Deixou de se tratar a Levedura em Abril de 2019, e, a partir daí foram verificados os Tanques de Levedura que, de acordo com os resultados da rotina, estavam contaminados. Como tal seguiu-se a trajetória da levedura dos Tanques que tinham apresentado sinais de contaminação para averiguar o impacto microbiológico nos fermentadores para onde a levedura desses tanques prosseguiria. A **Tabela 4.8** com a análise de trajetória apresenta-se em baixo.

Tabela 4.8-Resultados da Trajetória da Levedura

YST contaminado	Fermentador	Data Inoculação	Micro
C	CC1	22/mai	2 Bact.
	OT6	22/mai	OK
A	OT12	13/mai	OK
	OT15	13/mai	OK
B	OT7	27/mai	OK
	CC10	27/mai	OK
B	OT18	28/mai	OK
	CC8	28/mai	OK
D	OT17	31/mai	OK
	OT10	31/mai	OK
C	CC4	04/jun	OK
	OT13	04/jun	OK
A	CC5	11/jun	OK
	OT8	11/jun	OK
C	OT13	17/jun	OK
	CC9	17/jun	OK

Pela análise da tabela acima é possível verificar que a contaminação no tanque de levedura não se reflete no resultado microbiológico dos Fermentadores para onde segue a Levedura, ainda que tenha ocorrido uma situação pontual na CC1 mas dentro do limite de controlo a nível microbiológico, portanto conclui-se que o facto de se deixar de tratar a levedura com ácido não tem influência nos resultados microbiológicos dos Fermentadores.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Do ponto de vista económico, o facto de eliminar este procedimento do projeto, implica também uma enorme redução de custos anuais (não quantificada por motivos confidenciais).

Para além do que foi descrito anteriormente, foram feitas análises a vários pontos deste circuito CIP. O primeiro passo consistiu em retirar amostras dos Tanques de Soda e Água recuperada deste circuito. Foram retiradas amostras 3 vezes à segunda-feira e outras 3 à sexta-feira para validar estatisticamente os resultados. Os dias da semanas escolhidos tendo em conta que são o início e o fim da semana, ou seja, os dias mais interessantes de estudo pois é onde ocorre a renovação de solução e a ultima limpeza da semana, respetivamente. Os resultados microbiológicos aeróbios e anaeróbios destas amostragens encontram-se em baixo, **Tabela 4.9**.

Tabela 4.9-Resultados Microbiológicos dos tanques da CIP das amostragens de segunda-feira

Data	Tanque	WLN	RR
31/mai	Soda	0	0
	Água Recup	0	0
19/jul	Soda	0	0
	Água Recup	0	0
29/jul	Soda	0	0
	Água Recup	0	0

Tabela 4.10-Resultados Microbiológicos dos tanques da CIP das amostragens de sexta-feira

Data	Tanque	WLN	RR
03/jun	Soda	0	0
	Água Recup	0	0
22/jul	Soda	0	0
	Água Recup	2 Bact.	0
02/ago	Soda	0	0
	Água Recup	0	0

Pela análise da tabela é possível aferir que ao nível dos tanques das soluções CIP, este circuito está válido (ainda que tenha havido uma contaminação dentro do limite de especificação no tanque de Soda).

De seguida retiraram-se amostra de cada uma das águas de enxaguamento final dos Tanques de Leveduras. Os resultados estão registados na **Tabela 4.11**. Nestas tabelas também se pode verificar quando é que foi feita a recolha da amostra, ou seja, antes ou depois de mudar o septo de amostragem.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.11-Resultados microbiológicos das águas de enxaguamento dos tanques de levedura

YST	Recolha da Amostra	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
B	Depois de mudar	0	0
D	Antes de mudar	inc Bact. Lev.	0
C	Antes de mudar	inc Lev	0
A	Depois de mudar	0	0

Como os Tanques que estavam com contaminações eram coincidentes com os pontos de amostragem que ainda não tiveram o septo mudado, foi repetida a experiência duas vezes para esses com o objetivo comprovar essa tese. Os resultados obtidos foram estes, **Tabelas 4.12 e 4.13.**:

Tabela 4.12-Resultados microbiológicos da 1ªrepetição das águas de enxaguamento dos tanques de levedura

YST	Recolha da Amostra	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
D	Depois de mudar	0	0
A	Depois de mudar	0	0
B	Depois de mudar	0	0
C	Depois de mudar	0	0

Tabela 4.13-Resultados microbiológicos da 2ªrepetição das águas de enxaguamento dos tanques de levedura

YST	Recolha da Amostra	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
A	Antes de mudar	0	0
B	Antes de mudar	0	0
C	Antes de mudar	6 Lev	0
D	Antes de mudar	3 bol 3 lev	0

Pela análise da tabela anterior verifica-se não só a eficácia da CIP como também que se retirar a amostra antes de mudar o septo de amostragem o resultado pode traduzir numa falsa contaminação, ou seja, um enviesamento do resultado. Para prevenir que estes resultados de falsas contaminações voltassem a surgir, delineou-se um número máximo de três picagens por septo, seguido de substituição.

Outro ponto de interessante para analisar é a CIP responsável por higienizar os circuitos de recuperação de Levedura (que não é a mesma que higieniza os tanques de levedura). Existem 4 circuitos de recuperação de Levedura: O circuito longo das CC e dos OT e os circuito curto destes tipos de fermentador. Foram retiradas 3 amostras das águas de enxaguamento de cada circuito e o resultado foi o que se verificou na **Tabela 4.14:**

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.14-Resultados Microbiológicos das águas de enxaguamento do circuitos de recuperação da Levedura

Circuito	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
Longo OT	0	0
Longo CC	88 Bact.	0
Curto CC	0	0
Curto OT	0	0

Repetiu-se a amostragem mais duas vezes para validar estatisticamente o plano de amostragem. Os resultados estão organizados nas duas tabelas que seguem, **Tabelas 4.15 e 4.16:**

Tabela 4.15-Resultados Microbiológicos da 1ªrepetição das águas de enxaguamento do circuitos de recuperação de levedura

Circuito	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
Longo OT	0	0
Curto OT	1 Bact.	0
Longo CC	0	0
Curto CC	1 Bact.	0

Tabela 4.16--Resultados Microbiológicos da 2ªrepetição das águas de enxaguamento do circuitos de recuperação de levedura

Circuito	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
Longo CC	0	0
Longo OT	1 Bact.	0
Curto OT	1 Bact.	0
Curto CC	1 Bact.	1

Ainda que existem vários circuitos com ligeiras contaminações, é possível concluir que a CIP neste ponto também é eficaz, dado que as contaminações verificadas ainda não estão fora do limite microbiológico, ainda que se tenha registado uma contaminação acima do limite superior de especificação.

4.3.1.2. Filtração

Tubagem de Retro-Lavagem:

Um dos pontos críticos no fabrico da cerveja consiste numa tubagem que faz retrolavagem junto ao filtro de cartuchos. É um procedimento que é realizado por motivos de gestão de tempo, e, cuja tubagem não tem plano de higienização e onde a sua composição é água, que é um ambiente propício a microorganismos formadores de esporos. Para testar esta hipótese foram retiradas amostras de dois pontos: Da torneira que faz purga da tubagem em questão e do septo de amostragem que se encontra à saída do filtro de cartuchos, sendo que no ultimo ponto foram retiradas 2 amostras: uma no início da retrolavagem e uma após a retrolavagem. Foi feito este procedimento em dois Filtros (Filtro 1 e Filtro 3). Os seus resultados estão apresentados nas tabelas que se seguem, **Tabelas 4.17 e 4.18:**

Tabela 4.17-Resultados microbiológicos da retrolavagem do filtro 1

Ponto de Amostragem	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
Início Septo	16 Bact.	0
Início Torneira	inc. Bact.	0
Final Septo	0	0

Tabela 4.18-Resultados microbiológicos da retrolavagem do filtro 3

Ponto de Amostragem	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
Início Septo	54 Bact.	0
Início Torneira	inc. Bact.	0
Final Septo	0	0

Os resultados evidenciam que no inicio da retrolavagem, quer no septo, quer na torneira se verifica contaminação microbiológica por parte de bactérias formadoras de esporos o que pode por em causa o resultado microbiológico dos TCF, e por conseguinte, o FTR da Filtração. Como acção de melhoria equacionou-se a remoção deste troço no projeto da cervejeira (também indicado no **Capítulo 4**).

TCF com cerveja especial:

Derivado de um *Brainstorming*, foi sugerida a tese de que, todos os TCF ,ao encher cerveja especial, que são cervejas com menor volume de produção e com longos tempos de guarda, contaminariam as soluções CIP e que poderiam causar impacto nos TCF que seriam enchidos a seguir, e isto inclui os TCF novos que enchem somente Cerveja A. Para comprovar esta teoria foram retiradas águas de enxaguamente antes e depois de entrar no TCF novo, após

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

lavagem de um TCF antigo que tivesse enchido cerveja especial. É de notar que não foi possível retirar água de enxaguamento final de uma CIP a um TCF com cerveja especial uma vez que o ponto de amostragem dessa água estava contaminado no exterior com biofilme o que poderia levar a um enviesamento dos resultados. Este procedimento realizou-se 2 vezes, para cada cerveja especial, obtendo-se assim os seguintes resultados, transpostos nas **Tabelas 4.19 e 4.20**:

Tabela 4.19-Resultado microbiológico das águas de enxaguamento à entrada dos TCF

TCF Antigo	Micro	Cerveja	TCF Novo	IN	
				WLN (100 mL)	RR (100 mL)
19	Sem Resultados	Cerveja B	111	impossível	impossível
19	Sem Resultados	Cerveja B	111	impossível	impossível
4	Sem Resultados	Cerveja C	112	0	0
4	Sem Resultados	Cerveja C	112	0	0

Tabela 4.20-Resultado microbiológico das águas de enxaguamento à saída dos TCF

TCF Antigo	Micro	Cerveja	TCF Novo	OUT	
				WLN (100 mL)	RR (100 mL)
19	Sem Resultados	Cerveja B	111	2 bol.	0
19	Sem Resultados	Cerveja B	111	2 bol.	0
4	Sem Resultados	Cerveja C	112	0	0
4	Sem Resultados	Cerveja B	112	0	0

Pela análise das tabelas conclui-se os resultados são inconclusivos uma vez que não foi possível obter resultado microbiológico da cerveja que encheu, para além disso esta experiência só foi possível realizar duas vezes, ou seja, não foi possível validar estatisticamente.

Trajectoria da Cerveja B:

Para além de toda a amostragem realizada anteriormente, foi feita uma amostragem suplementar para analisar o trajeto da Cerveja B (desde a sua Fermentação até à sua armazenagem em TCF) por dois motivos: o primeiro tem a ver com o facto de a Cerveja B ter um valor de referência de extrato maior (**Anexo VIII**), ou seja uma maior disponibilidade de açúcares

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

fermentáveis e uma percentagem de álcool inferior e o segundo tem a ver com o facto de esta cerveja permanecer em guarda cerca de 20 a 30 dias, o que seria interessante estudar para averiguar se o facto de a cerveja estar demasiado tempo em guarda pode levar ao crescimento de microrganismos contaminantes.

O primeiro resultado obtido foi o da fermentação que foi obtido através dos resultado do controlo diário. Não se verificou qualquer contaminação nesta fase, como comprova a **Tabela 4.21**:

Tabela 4.21-Resultados microbiológicos da fermentação da cerveja B

Fermentador	WLN (1 mL)	RR (1 mL)
CC12	0	0

De seguida foi retirada uma amostra das 4 Tinas para onde foi enviada a Cerveja B do Fermentador. Esta amostragem foi feita uma vez por semana, para estudar com mais detalhe a possibilidade de existência de contaminação ao longo do tempo na etapa da Maturação. A **Tabela 4.22** apresenta detalhadamente os resultados das 4 Tinas.

Tabela 4.22-Resultados da guarda da cerveja B na tina 8

Tinas de Guarda	Tina 8	
Dia em Guarda	WLD (1mL)	RR (1mL)
(5º Dia)	0	0
(13º Dia)	Vazou	
(19º Dia)		

Tabela 4.23-Resultados da guarda da cerveja B na tina 9

Tinas de Guarda	Tina 9	
Data	WLD (1mL)	RR (1mL)
(5º Dia)	0	0
(13º Dia)	0	0
(19º Dia)	1 bol.	0

Tabela 4.24-Resultados da guarda da cerveja B na tina 10

Tinas de Guarda	Tina 10	
Data	WLD (1mL)	RR (1mL)
(5º Dia)	0	0
(13º Dia)	0	0
(19º Dia)	3 Bact.	0

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.25-Resultados da guarda da cerveja B na tina 8

Tinas de Guarda	Tina 11	
Data	WLD (1mL)	RR (1mL)
(5º Dia)	0	0
(13º Dia)	0	0
(19º Dia)	3 Bact.	0

Com a tabela acima é possível concluir que, a partir da 3ª semana de guarda já se começa a evidenciar algum tipo de contaminação aeróbia, ainda que ainda esteja dentro dos limites de especificações. Porém, na Tina 10, apesar de se ter verificado contaminação ao 19º dia de guarda, não se verificou contaminação quando se amostrou a mesma cerveja no filtro de cartuchos, como se comprova pelos resultados da **Tabela 4.26**.

Tabela 4.26-Resultado microbiológico dos filtro de cartuchos

Filtro Cartuchos	TCF Destino	WLN (100 mL)	WLD (1 mL)	RR (100 mL)
FC 3 (Tina 10)	TCF 213 e 215	0	0	0

O facto de a contaminação da tina não se ter refletido no filtro de cartuchos pode ter tido a ver com o *kieselguhr* no filtro de placas que tem um papel preponderante na remoção de bactérias contaminantes da cerveja. Para finalizar a amostragem foram amostrados alguns TCF para onde foi esta cerveja cujos resultados são possíveis observar em baixo.

Tabela 4.27-Resultado microbiológico dos TCF que receberam Cerveja B

TCF que encheram	Guarda Proveniente	WLN (100 mL)	RR (100 mL)
219	Tina 8 e 34	0	0
219	Tina 8 e 9	85 Bact.	0
213	Tina 9 e 10	85 Bact.	0
215	Tina 10 e 11	2 lev 2 bact.	0

Os resultados mostram que o TCF 219 encheu duas vezes e só numa vez os resultados microbiológicos foram não conformes. Isto pode-se dever ao facto de o efeito bactericida do *kieselguhr* não ter sido suficiente o que fez com que se tenha gerado maior grau de contaminação, apesar de não termos todos os dados que sustentem esta afirmação (isto é, o resultado microbiológico do filtro de cartuchos desta cerveja). Nos TCF 213 e 215 ,onde temos resultados da trajetória toda, o problema advém do equipamento que já estava previamente

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

contaminado uma vez que o resultado microbiológico do filtro de cartuchos foi conforme, ou seja, negativo a nível de contaminações.

4.3.2. Análise de 5 porquês para compreender as causas dos defeitos

A folha de análise de 5 porquês foi outra ferramenta de carácter corretivo utilizada com o intuito de implementar acções de melhoria para mitigar a contaminação microbiológica no processo de fabricação de cerveja. Para uma abordagem correta da folha, foram discriminados inicialmente (para cada Fermentação e Filtração) um conjunto das causas mais prováveis da contaminação em questão.

Na Fermentação as causas mais prováveis discriminadas foram:

- CIP mal realizada (que não está de acordo com os standards da Heineken)
- Levedura previamente contaminada
- Mosto contaminado
- Fugas nas tubagens
- Ponto de amostragem contaminado
- Espumagem do Fermentador

Na Filtração as causas mais prováveis consideradas foram:

- CIP mal realizada (que não está de acordo com os standards da Heineken)
- Equipamento contaminado
- Guarda Contaminada
- Fugas nas Tubagens
- Ponto de amostragem contaminado
- Água de Diluição contaminada

Dado a complexidade da Microbiologia, apenas um número reduzido de análises 5 porquês permitiram alcançar a causa raiz da contaminação. No conjunto das análises realizadas, destaque para as **RCFA A e D** que, não só permitiram descobrir as causas raiz dos problemas como também permitiram delinear e implementar acções preventivas de melhoria (que devem prevalecer sobre as acções corretivas de melhoria). O conjunto de todas as análises de 5 porquês completas pode ser consultado no **Anexo VII**.

4.3.3. Atribuir 5M às causas-raíz

Tal como foi mencionado no capítulo 2, após se ser conhecida a causa-raiz corresponde-se essa causa a um dos 5M (*Man, Material, Method, Machine e Environment*). A tabela **Tabela 4.28** organiza todas as análises 5 porquês finalizadas com a sua causa-raiz, atribuição do 5M e acção corretiva/preventiva planeada.

Tabela 4.28-Análises 5 porquês finalizadas com a respetiva atribuição dos 5M

RCFA	Descrição do Problema	Causa-Raiz	5M	Acções Corretivas/Preventivas
A	Contaminação no OT11,CC2 e CC8 por bactérias aeróbias	Os operadores tiveram que reincorporar cerveja da guarda nestes Fermentadores e quando o fizeram injetaram demasiado O ₂ o que favoreceu o crescimento de bactérias aeróbias	<i>Man</i>	Passar a incorporar esta cerveja a quente e higienizar estes fermentadores com Ansep CIP
B	Contaminação no CC6 por bactérias anaeróbias	O ponto de amostragem desta CC estava contaminado pois tinha vertido cerveja	<i>Machine</i>	Substituir o septo de amostragem
C	TCF 114 contaminado com bactérias aeróbias	Tanque de Guarda de onde vinha esta cerveja previamente contaminado	<i>Man</i>	-
D	Filtros de Ar e CO ₂ na guarda com cerveja dentro dos filtros	Não existe válvula antirretorno o que faz com que ,quando se enche totalmente a guarda, a cerveja passe para os filtros	<i>Method</i>	Efetuar um plano de desinsecção dos filtros

4.3.4. Gerar Matriz QA Final

Com as causas-raiz encontradas e com os 5M atribuídos, foi possível gerar a matriz QA. Esta matriz final evidencia o peso dos defeitos em cada fase do processo e, não só teve por base o resultado das análises 5 porquês mas também teve por base o output das auditorias de higiene (abordadas em 4.2.). A cada item (seja ele um resultado da análise de 5 porquês ou a uma constatação das auditorias) atribui-se um *score* de **2**, **5** ou o **8** tendo em conta a “gravidade” do defeito sendo que o valor **2** é um valor que representa baixa gravidade e **8** o valor de maior gravidade. Estes valores permitiram-nos construir o gráfico dos 5M.

Apesar do conjunto de resultados que esta matriz apresenta, para esta dissertação foi apenas interessante apresentar os resultados que dizem respeito ao peso de cada um dos 5M de modo a moldar o plano de acção, que será apresentado no capítulo seguinte. O resultado encontra-se nas **Figuras 4.11 e 4.12..** Ao analisar as matrizes abaixo é possível concluir que que na Fermentação o grande problema reside em nos equipamentos em si, o que coincide com o tipo de observações que foram feitas no local aquando das auditorias de higiene. Na Filtração os grandes defeitos estão localizados em *Man*, *Machine* e *Method* o que também vai ao encontro das constatações observadas nas auditorias.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

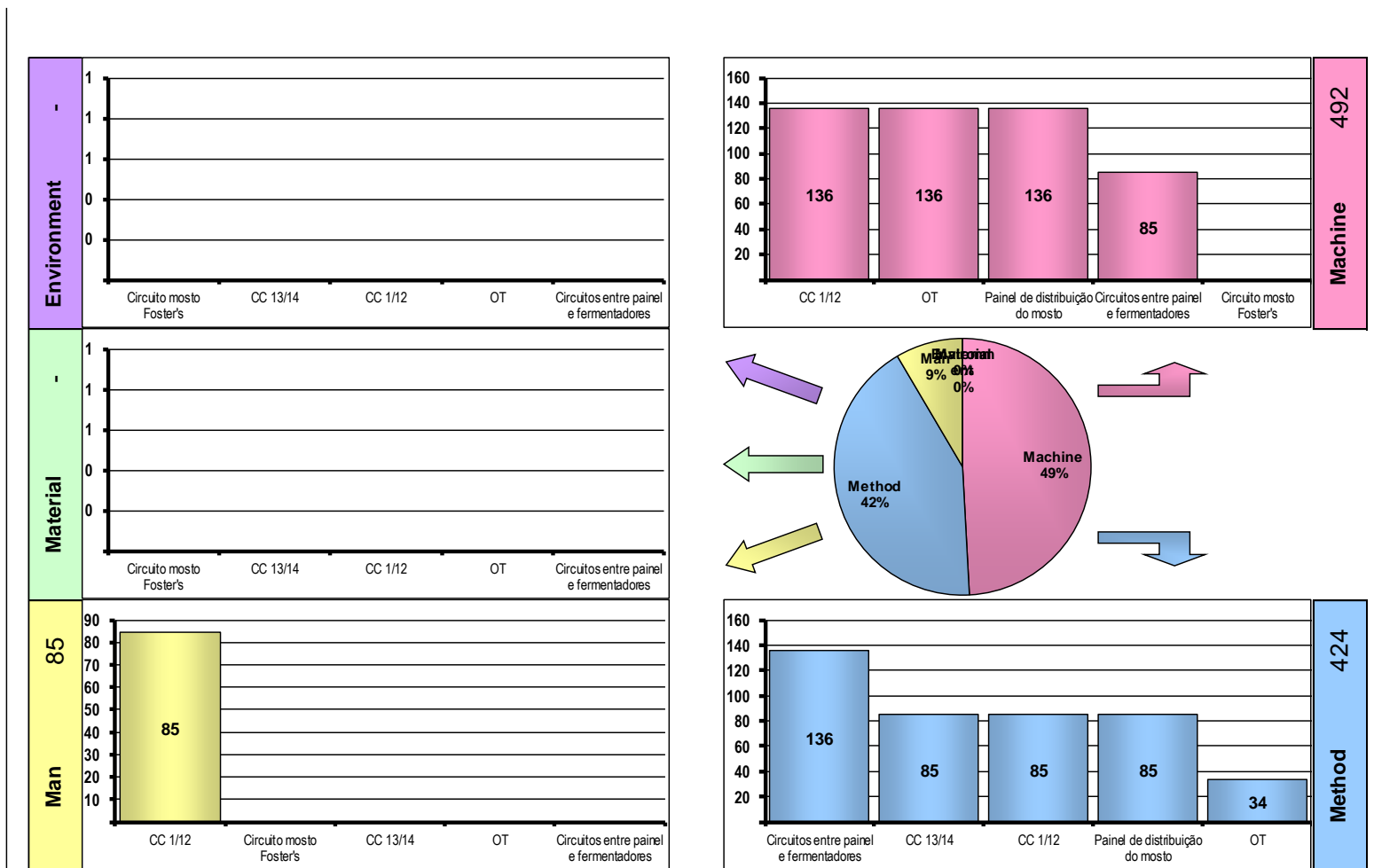


Figura 4.11- Matriz QA final com a distribuição dos 5M pelas subetapas da Fermentação

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

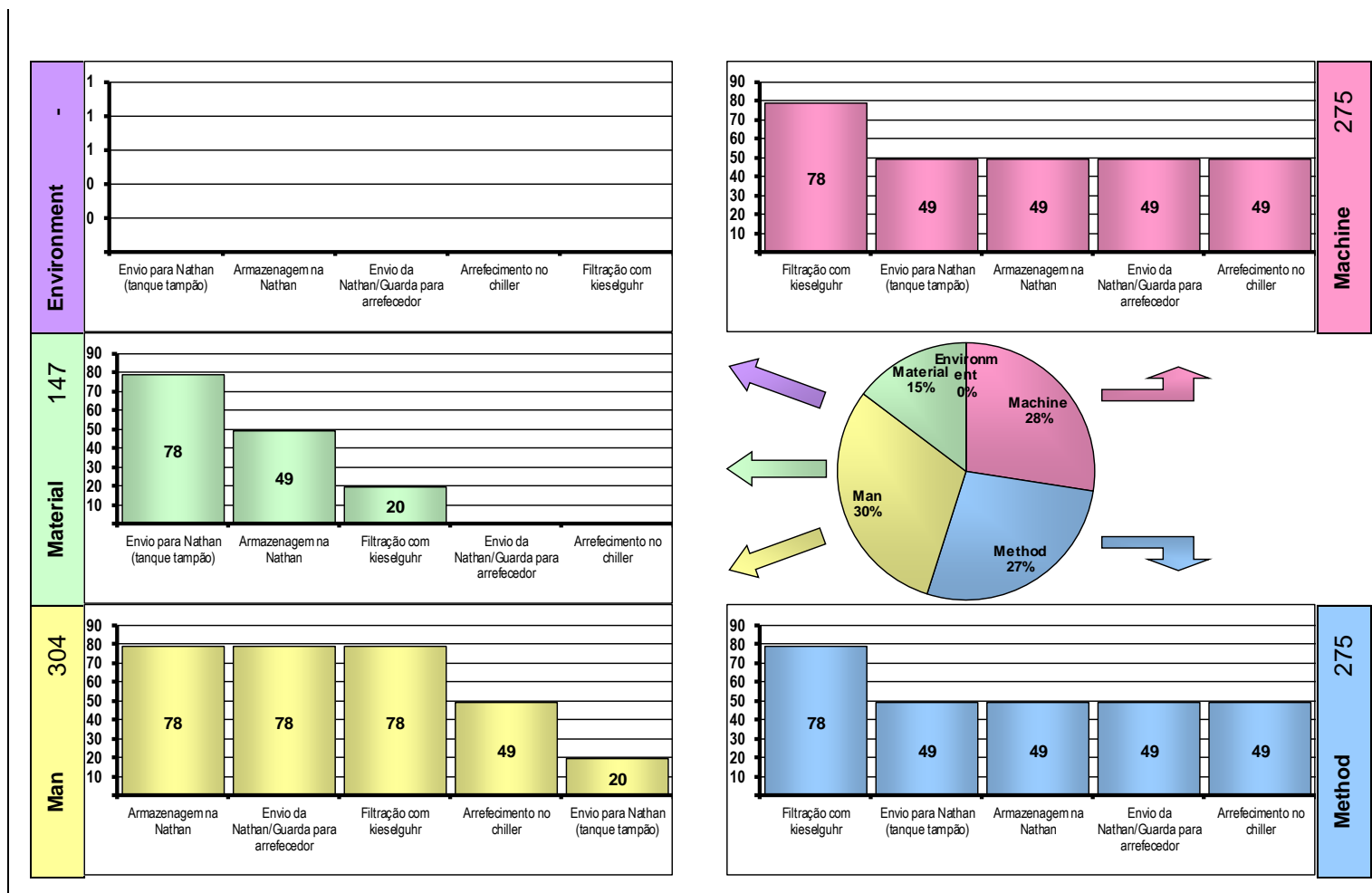


Figura 4.12- Matriz QA final com a distribuição dos 5M pelas subetapas da Filtração

4.4. Implementar acções de melhoria

A quarta fase diz respeito à delineação e implementação de acções de melhoria de modo a combater o que foi constatado e analisado nos dois subcapítulos anteriores. Neste subcapítulo irá-se **definir um plano de acção, standardizar essas mesmas acções, e representar graficamente os resultados para evidenciar a magnitude das acções delineadas.**

4.4.1. Definição de um plano de acção

Tendo em conta o output das análises de 5 porquês e das auditorias de higiene foi definido um plano de acção com um conjunto de acções corretivas e preventivas no sentido de mitigar a contaminação microbiológica em todo o processo cervejeiro.

As auditorias de Higiene tiveram início em fevereiro e culminaram nos finais de abril. No mês seguinte a equipa reuniu-se todas as terças e quintas e, derivado de sessões de *brainstorming* esta conseguiu levantar acções de melhoria. De seguida irá ser apresentado o conjunto de acções de melhoria implementadas.

É de notar que, durante as reuniões finais, foi delineado uma atualização das instruções de trabalho bem com uma atualização no que diz respeito ao C&D (*Cleaning and Disinfection*) como proposta de melhoria para as não conformidades constatadas transversais a todo o processo cervejeiro.

Arrefecimento do mosto:

A **Tabela 4.29** descreve a não conformidade (que foi identificada em **4.2**) e indica as acções implementadas para colmatar essa mesma falha:

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tabela 4.29-Acompanhamento das ações de melhoria no arrefecimento de mosto

Não conformidade constatada	Ação de melhoria	Status
Tubagem dos permutadores de calor do mosto com incrustações	Polimento da Tubagem	Concluído
Fuga na Válvula tipo sandwich junto ao painel de arejamento do mosto	Substituição da Válvula	Concluído
Pré-Filtros do arejamento do mosto sem plano de substituição	Levantamento de todos os filtros existentes e inclusão de todos os planos de manutenção e substituição dos filtros no CILT	Concluído

Fermentação:

Tabela 4.30-Acompanhamento das ações de melhoria na Fermentação

Não conformidade constatada	Ação de melhoria	Status
Curvas das CC junto à zona do doseamento do caramelo em mau estado	Preparação de uma piscina de limpeza de curvas com Ansep CIP	Concluído
Vários Pontos de amostragem das OT e CC contaminados	Substituição dos septos de amostragem da microbiologia e substituição das tampas dos pontos de amostragem da físico-química de borracha para aço inoxidável	Em Estudo
Os circuitos de recuperação de CO ₂ não tem plano de higienização	Implementação de um plano de higienização deste troço	Em Estudo
Pré-Filtros das adegas sem plano de substituição	Levantamento de todos os filtros existentes e inclusão de todos os planos de manutenção e substituição dos filtros no CILT	Concluído

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Propagação e Sala de Leveduras:

Tabela 4.31-Acompanhamento das ações de melhoria nas salas de propagação e de levedura

Não conformidade constatada	Ação de melhoria	Status
A zona dos Tanques da CIP estão cheias de Soda	Acompanhar a CIP quando possível de forma a voltar ao padrão de housekeeping	Pendente
Pontos de amostragem contaminado	Higienização exterior ao ponto de amostragem	Concluído
Filtros e pré-filtros de ar da propagação sem plano de substituição	Levantamento de todos os filtros existentes e inclusão de todos os planos de manutenção e substituição dos filtros no CILT	Concluído
Soda no topo de um dos Tanques de Levedura	Higienização exterior ao Tanque de Levedura	Concluído

Maturação:

Tendo em conta o novo projeto dos Fermentadores da SCC a ser implementado brevemente, as zonas de guarda atuais não estão incluídas no novo projeto, como tal não foi necessário implementar ações de melhoria derivado do que foi constatado nas auditorias de higiene. Ainda assim, tal como foi delineado em 4.3.3., o estudo da colocação de uma válvula antirretorno em cada filtro e pré-filtro de ar e em cada sala de guarda como resposta preventiva à passagem de cerveja para dentro dos filtros.

Filtração:

Tabela 4.32-Acompanhamento das ações de melhoria na filtração

Não conformidade constatada	Ação de melhoria	Status
Biofilme no exterior da Nathan	Limpeza da zona exterior do cone da <i>Nathan</i>	Concluído
Caldeiro de doseamento de Kieselguhr com Big Bag (Saco de armazenamento do Kieselguhr em pó)	Limpeza do Caldeiro com Ansep CIP	Concluído
Fuga na Matriz de Válvulas antes dos arrefecedores da Filtração	Limpeza da bateria de válvulas Manifold	Concluído

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Tubagem de Retrolavagem dos filtros com potencial existência de bactérias formadoras de esporos	Remoção do processo de retrolavagem no projeto	Em Estudo
Carboblender da linha 1 sem filtro de CO ₂	Implementação de um filtro de CO ₂ no Carboblender	Pendente
Mangueiras de Carbonatação dos TCF sem plano de higienização	Implementação de um plano de frequência CIP para as mangueiras de Carbonatação dos TCF	Pendente

Para além destas acções decorrentes do que foi constatado em auditoria, foram delineadas outras acções aquando de sessões extraordinárias de *brainstorming* ou de resultados experimentais analisados no **subcapítulo 4.3.**, entre as quais:

Tabela 4.33-Conjunto de acções delineadas fora das auditorias

Descrição da acção	Área	Status
Pintura das CC com Munkadur	Fermentação	Concluído
Renovação de Soluções CIP face aos resultados Micro	Fermentação e Filtração	Concluído
Alteração de Passos de CIP	Fermentação e Filtração	Concluído
Eliminação da etapa de tratamento de Levedura	Tratamento de Levedura	Concluído
Fazer 16 Tampas para as bocas dos TCF	Filtração	Pendente
Execução de uma formação sobre a forma correcta de substituição dos filtros	Fermentação e Filtração	Concluído
Implementação de registo semanal da mudança dos Septos dos TCF novos	Filtração	Concluído

Acompanhamento das acções:

Para certificar que as acções foram implementadas e de uma forma correta, foi necessário um acompanhamento rigoroso (*follow-up*) de todas as acções implementadas. Para tal recorreu-se à plataforma *Planner* para efetuar esse acompanhamento. Nessa plataforma indica-se a acção a realizar, o responsável, o *deadline* para essa mesma acção e o *status* da mesma. A figura seguinte exemplifica o funcionamento desta ferramenta de *follow-up*:

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

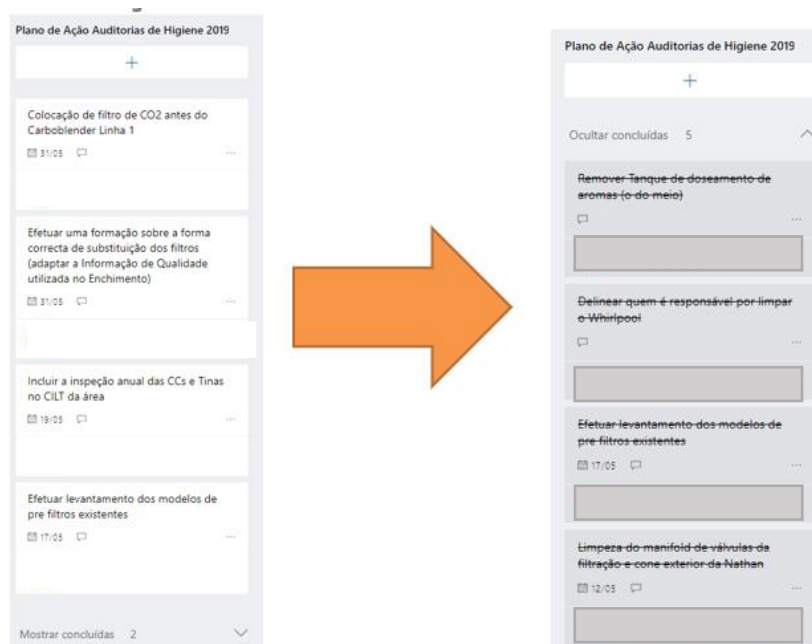


Figura 4.13-A plataforma Planner como auxílio ao acompanhamento das ações

Avaliação qualitativa do impacto das ações implementadas:

Após as sessões de *brainstorming* com o objetivo de implementar ações de melhoria, foi interessante do ponto de vista qualitativo avaliar cada uma das ações a implementar. Para tal foi importante organizar todas as ações e mapeá-las em dois tipos de matrizes: uma matriz esforço vs benefício e uma matriz custo vs benefício. Este exercício permitiu à equipa de melhoria priorizar ações que devem ser aquelas que geram muito benefício com pouco ou nenhum esforço/custo associado. Em baixo podem-se consultar estas duas matrizes, **Figuras 4.14 e 4.15**, sendo que a numeração das ações correspondentes pode ser consultada abaixo das mesmas.

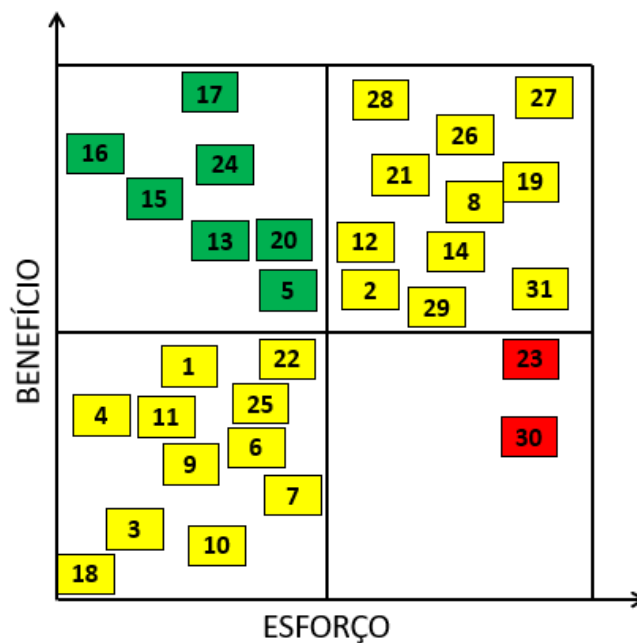


Figura 4.14-Matriz Benefício vs Esforço das ações delineadas

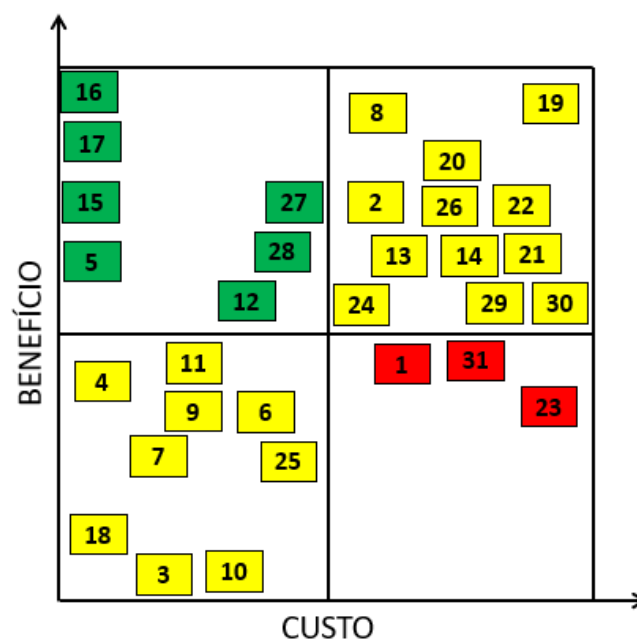


Figura 4.15-Matriz Custo vs Benefício das ações delineadas

Pela análise das duas matrizes podemos aferir que das 31 ações delineadas existem 4 ações que geram muito benefício com pouco custo e pouco esforço, isto são 4, 5, 16 e 17 que são ações preventivas que dizem respeito a desenvolvimento pessoal. Para além destas, todas as outras ações marcadas a **verde** são ações que se devem igualmente priorizar.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

As acções registadas a **amarelo** devem ser as que devem ser prioritizadas a seguir e podem ser classificadas em dois tipos: as que estão no quadrante à esquerda e em baixo são as chamadas *quick-wins*, ou seja, são acções que garantem pouco benefício mas também necessitaram de pouco esforço/custo; e as que estão no quadrante à direita e em cima que são acções que são consideradas como sendo grandes projetos, ou seja, geram muito benefício mas também necessitam de muito esforço/custo.

As ultimas acções a ser prioritizadas são as que estão marcadas a **vermelho** que são acções que são pouco rentáveis pois geram pouco benefício com muito esforço/custo.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Legenda dos diagramas:

1. Mudança da válvula tipo *sandwich* por detrás do painel de arejamento do mosto
2. Polimento interior de tubagens de elevada rugosidade nos arrefecedores de mosto
3. Definir quem é responsável por limpar o *Whirlpool*
4. Efetuar levantamento dos filtros e pré-filtros de ar e de CO₂
5. Incluir inspeção, manutenção e substituição de filtros e pré-filtros no CILT
6. Preparar piscinas para limpeza de urvas com Ansep CIP
7. Incluir a inspeção anual das CC no CILT da área
8. Substituição das tampas de borracha dos Keoffit para axo inoxidável
9. Limpeza exterior do cone da *Nathan* e bateria de válvulas manifold
10. Remover antigo tanque doseamento de aromas
11. Limpeza dos caldeiros de *kieselguhr* com Ansep CIP
12. Melhoria de limpeza de curvas de painéis perto das CC
13. Renovação de soluções CIP face aos resultados microbiológicos
14. Alteração em passos de CIP
15. Implementação de mudança e registo semanal dos septos de amostragem dos TCF novos
16. Comunicação de sucessos
17. Implementação das folhas trimestrais dos FTR Micro Fermentação e Filtração
18. Deixar de tratar a levedura com ácido
19. Projeto dos novos CC
20. CIP à CIP dos tanques de ácido das adegas e filtração
21. Mudança para os 7 pontos de picagem nos septos microbiológicos dos fermentadores, tanques de guarda e filtro de cartuchos
22. Pintura das CC com Munkadur
23. Colocar comando das válvulas para CIP-à-CIP do tanque de soda quente da cave da brassagem
24. Fazer 16 tampas para as bocas dos TCF
25. Esterilização em autoclave dos pré filtros das adegas
26. Colocação de filtro de CO₂, antes do *Carboblender* da linha 1
27. Efetuar uma formação aos operadores sobre a forma correta de substituição dos filtros
28. Eliminar troço da passagem de água em contracorrente nas linhas de filtração
29. Efetuar um plano de frequência CIP para as mangueiras de carbonatação dos TCF
30. Efetuar plano de higienização circuito de recuperação de CO₂, nas adegas
31. Colocação de válvulas antirretorno nos níveis dos tanques de guarda

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

Avaliação quantitativa do impacto das acções implementadas:

Assim como foi feito após a identificação das conformidades e das não conformidades, foi feita uma nova matriz de verificações com *scores* derivados das acções implementadas no sentido medir a magnitude das mesmas. Esta matriz nova tem por base scores do que foi constatado após terem sido implementadas as acções de melhoria e encontra-se de seguida, **Figura 4.16:**

	Arrefecimento de Mosto	Fermentação	Propagação	Sala de Leveduras	Guarda	Filtração	Total
Resultados Microbiológicos	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	17,50
Documentos & Standards	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	12,00
Housekeeping	3,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0	16,00
Design Higiénico do meio envolvente	3,0	3,0	2,3	2,3	1,0	1,7	13,33
Design Higiénico de Equipamentos	3,0	2,5	2,3	2,8	2,3	2,8	15,50
Instalação/Equipamento CIP	3,0	2,3	3,0	2,7	2,3	3,0	16,33
Métodos/Procedimentos CIP	3,0	3,0	2,9	3,0	2,6	2,6	17,13
Controlo de Processo CIP	2,8	3,0	3,0	2,8	3,0	2,5	17,00
Inspecção CIP	3,0	3,0	2,5	2,0	3,0	1,5	15,00
Treino	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	12,00
Total	27,75	26,83	24,96	25,50	23,21	23,54	151,79

Figura 4.16-Matriz de verificações com scores alusivos ao acompanhamento das acções

Após análise da nova matriz, e em comparação com a anterior é possível verificar claramente que todas as etapas do processo cervejeiro estão globalmente conformes, o que significa que as acções implementadas tiveram um impacto fundamental no que diz respeito à melhoria do processo na componente microbiológica. Ainda assim os assuntos críticos discriminados em 4.2.1. ainda estão em decurso, no que diz respeito à implementação de acções de melhorias.

4.4.2. Padronizar contramedidas e standardizar

De modo a assegurar que todas as acções de melhoria foram implementadas, foi preciso padronizar essas medidas de modo a certificar que essas estavam a ser bem implementadas. Para tal, recorreu-se aos CILT. CILT significa *Cleaning Inspection Lubrication Tightening*, documentos, um para cada etapa da fabricação de cerveja, que asseguram a standardização e padronização de medidas na SCC. Por exemplo foi implementado, uma folha de registo semanal da mudança de septos nos TCF novos, que permitiu standardizar este procedimento.

4.4.3. Representar graficamente os resultados para ver o efeito dos novos standards

A representação gráfica dos resultados é, na verdade, os FTR da Fermentação, Filtração e, por conseguinte, Microbiológico. Tendo em conta que este é o resultado mais importante desta dissertação, a representação gráfica só será apresentada e discutida no fim deste capítulo.

4.5. Analisar cada defeito e Melhorar o sistema de qualidade do processo para manter os ganhos

Esta etapa da rota requisita um detalhado conhecimento das áreas de produção de modo a alcançar o objetivo primário desta etapa: Analisar cada defeito. Neste subcapítulo irá-se **Determinar a causa-raiz de todos os desvios e implementar um sistema para acompanhar continuamente as análises e os resultados.**

4.5.1. Determinar a Causa-Raiz de todos os desvios

Tal como foi referido no início deste capítulo, é necessário um conhecimento profundo do processo cervejeiro para satisfazer as exigências deste subcapítulo. Dada a complexidade da microbiologia o tempo da dissertação e o plano de controlo diário da Filtração (dado que não cobre todos enchimentos de cerveja em TCF), foi impossível descobrir a causa-raiz de todos os desvios nesta etapa, não obstante foi possível atribuir causa-raiz a todos os desvios na Fermentação, tendo em conta que o plano de controlo diário é muito mais completo quando comparado com o da Filtração. A **Tabela 4.34** indica a semana em que houve desvios à conformidade da área e a causa raiz atribuída.

Tabela 4.34-Desvios ao FTR da Fermentação durante o tempo de estágio com a respetiva causa-raiz

Semana	FTR	Fermentadores	Causa Raiz
18	95%	CC2, CC8 e OT11	Os operadores tiveram que reincorporar cerveja da guarda nestes Fermentadores e quando o fizeram injetaram demasiado O ₂ o que favoreceu o crescimento de bactérias aeróbias
23	97%	CC6	Ponto de Amostragem da CC6 contaminado dado que verteu cerveja
27	91%	OT14 e OT17	Mosto contaminado no OT17 e pouca levedura inoculada no OT14

4.5.2. Implementar um sistema para acompanhar continuamente as análises e os resultados

Dado a complexidade da microbiologia e os cuidados que se deve tomar de modo a não gerar contaminações no processo, foi importante implementar algo para que todos os operadores das adegas e filtração estejam sintonizados com a evolução semanal do indicador microbiológico, o que levaria a uma maior sensibilização deste pessoal sobre a temática da microbiologia. Para tal, foi decidido em equipa criar uma folha com um espaço em branco para os *team leaders* da respetiva área preencherem com o resultado semanal do FTR e com outro espaço em branco para listarem todas as ações corretivas e preventivas que foram realizadas ao longo do tempo. No **Anexo IX**, podemos ver as folhas que foram implementadas para a filtração e fermentação, respetivamente (alusivos ao primeiro trimestre).

4.5.3. Melhorar o sistema de qualidade do processo para manter os ganhos

Tendo em conta a complexidade exigida por esta etapa e o tempo do estágio, este último troço da rota não foi completamente implementado, uma vez que, para esta etapa é necessário haver uma sensibilização da equipa, que permita prevermos o erro, algo que ainda não acontece dado a complexidade da etapa em si.

4.6. Resultados Finais

Os resultados Finais consistem simplesmente nos FTR acumulados em estudo. Como tal, irão ser apresentados os FTR semanais desde o início do estágio até ao final (Semana 8 até 33) e averiguar se estes satisfazem o target definido ou não. Este exercício irá permitir ,também, avaliar se todo o trabalho efetuado derivado da rota gerou impacto positivo no combate à contaminação microbiológica.

4.6.1. FTR Micro Fermentação

O FTR que diz respeito ao comportamento microbiológico das CC e dos OT teve uma evolução exemplar quando comparado com os anos transatos. É possível visualizar pela **Figura 4.19** que houve 13 semanas consecutivas, que se traduzem em cerca de 140 fermentações consecutivas em que não houve qualquer contaminação, um feito que nunca tinha acontecido na história da SCC. Descendo ao particular, é possível constatar ,através da consulta do gráfico que, apenas a **semana 23** esteve abaixo do *target*, devido à contaminação na CC6 gerado pela não conformidade do ponto de amostragem, como já foi referido anteriormente. No final do estágio o FTR acumulado foi de **98,5%**, bem superior ao objetivo da cervejeira (93%) e superior ao FTR acumulado até a semana 8, isto é, 97,8%.

4.6.2. FTR Micro Filtração

À luz do FTR desta etapa no ano passado, neste ano o FTR da Filtração voltou a apresentar um comportamento aleatório a cada semana que passava. Ainda assim, no cômputo geral das semanas do estágio, verificou-se na maioria delas que satisfaziam o *target* definido pela cervejeira (recordando, **91%**). Uma menção importante é a de que, em 5 semanas não houve qualquer contaminação (FTR de 100%) numa área em que, dado os FTR dos últimos anos, se tem revelado como sendo a mais crítica no que diz respeito à temática da microbiologia. Por outro lado, entre as semanas 25 e 28 verificou-se uma quebra no resultado do FTR Micro Filtração, valores que estiveram abaixo dos objetivos da cervejeira. Isto deveu-se, muito provavelmente, ao facto dos Tanques de Soluções CIP responsáveis por higienizar os TCF ter estado contaminado com bolores. Após ter sido descoberta essa contaminação foram preparadas duas abordagens para remover os contaminantes: primeiramente um passo de soda que se revelou mais tarde como sendo sem sucesso e numa segunda tentativa um passo de soda e outro de desinfectante. Esta ultima abordagem conseguiu ser bastante eficaz e este ultimo facto foi verificado não só através de inspecção visual ao interior do Tanque como também nos resultados microbiológicos que tiveram um aumento significativo no valor do FTR. No final do estágio o seu FTR acumulado foi de **92.8%**, 1,8% acima dos objetivos microbiológicos desta cervejeira para a Filtração e 1,1% superior ao acumulado até à semana 7.

4.6.3. FTR Microbiologia

Dado que os dois FTR supracitados satisfizeram ,na globalidade, o *target* definido pela SCC e dada a constância do FTR do Enchimento no valor de 100% (ver **Anexo III**), é expectável que este FTR também esteja conforme com as expectativas da empresa. Ao analisar o gráfico referente a este FTR consegue-se provar a teoria falada na primeira premissa, sendo que apenas em 4 semanas do estágio, o FTR semanal não superou os **83.4%**, *target* objetivado para este FTR. Ainda assim é importante destacar que em três semanas durante o tempo de estágio, a fábrica toda não contemplou qualquer tipo de contaminação. No geral, o FTR acumulado foi de

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

91,1%, bem superior ao estipulado pela SCC e ligeiramente acima do valor acumulado até à semana 7.

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

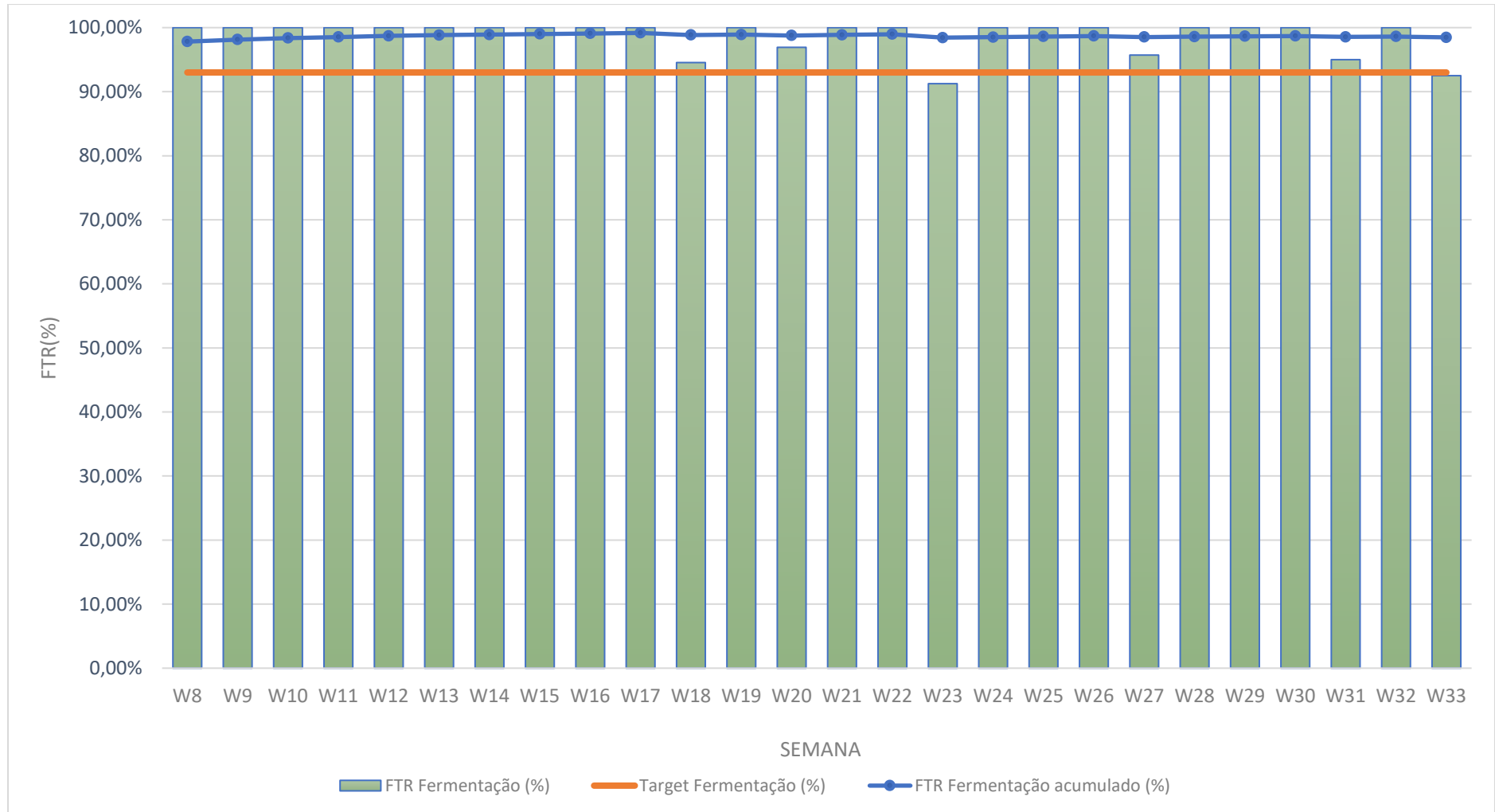


Figura 4.17-Evolução do FTR da Fermentação durante o tempo de estágio

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

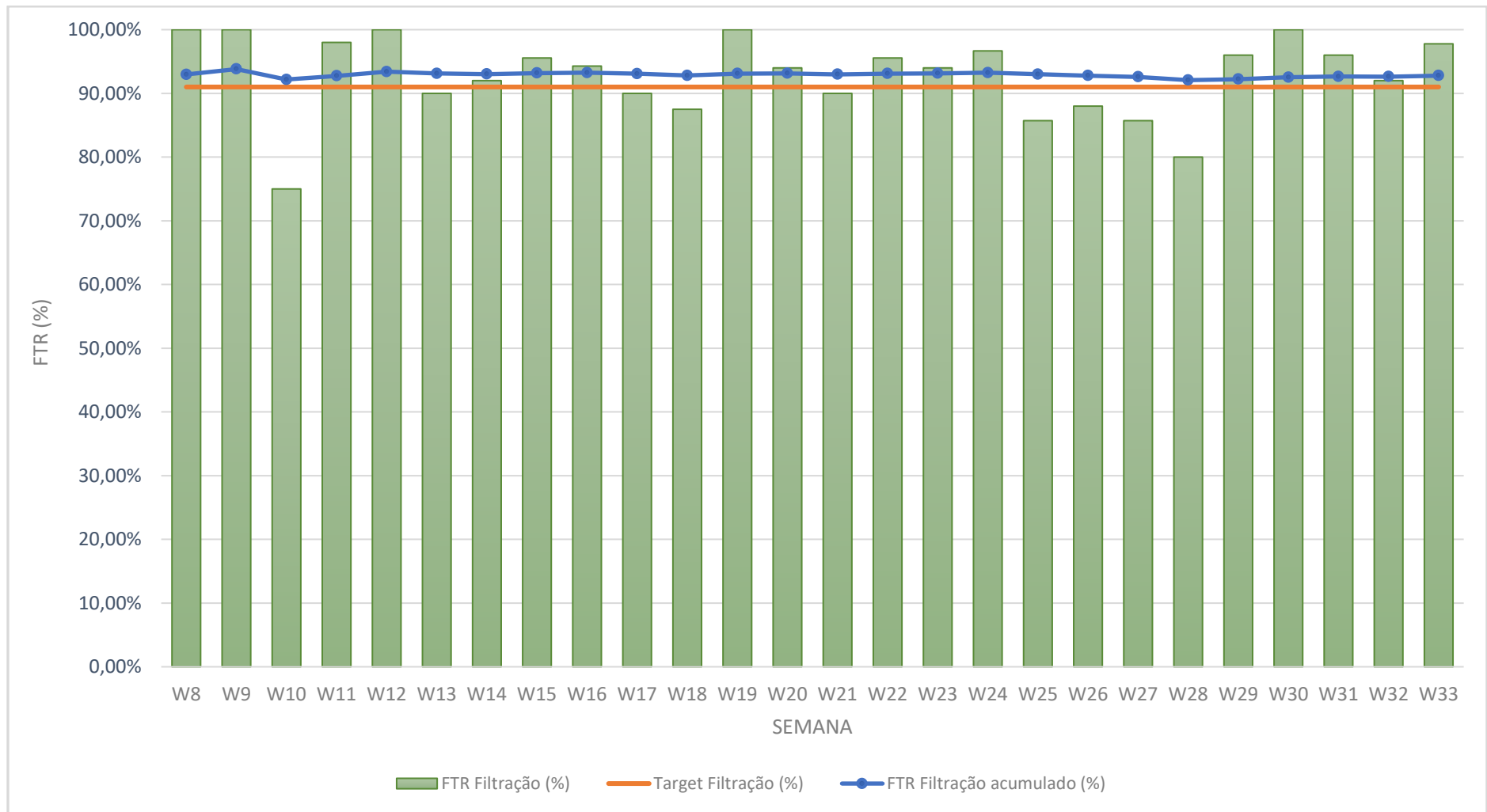


Figura 4.18-Evolução do FTR da Filtração durante o tempo de estágio

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

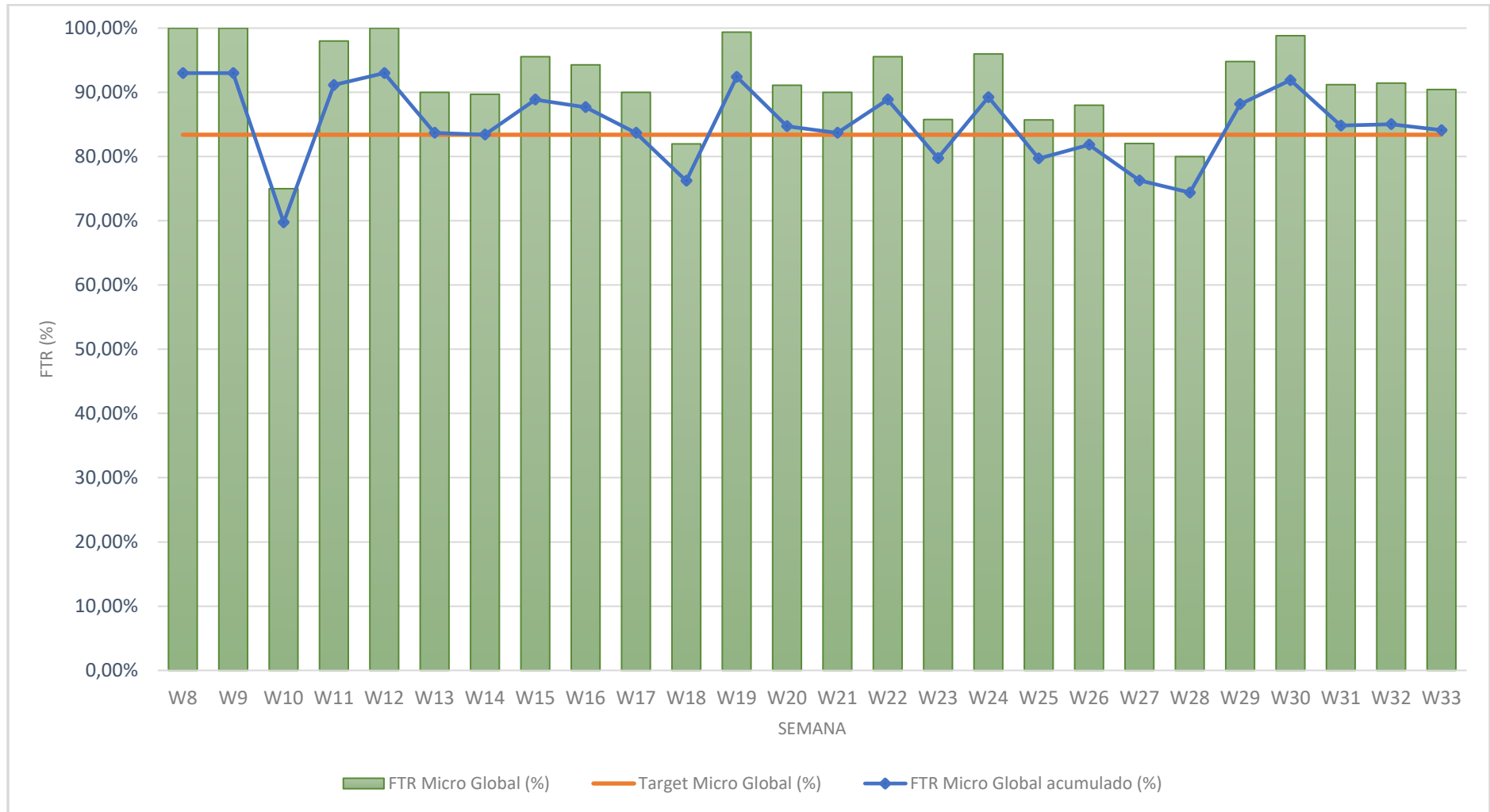


Figura 4.19-Evolução do FTR Microbiológico global durante o tempo de estágio

5

5. Conclusão e propostas de trabalho futuro

Os *First Time Right*, FTR, de Fermentação, Filtração e, por fim, Micro Global foram 98.5%, 92.8% e 91.1%, respetivamente. Sendo esta dissertação respetiva a uma melhoria sustentada dos indicadores microbiológico da Fermentação e Filtração, pode-se afirmar que os objetivos estipulados nesta dissertação foram cumpridos com sucesso, não só uma vez que o valor acumulado dos FTR foi sempre superior aos do ano transato mas também uma vez que estes valores obtidos satisfizeram os *targets* pré-definidos pela cervejeira. Além disso, pela análise dos 3 gráficos de 4.6. é possível verificar essa sustentabilidade do indicador, como tal, é possível prever, assertivamente, que no final do ano, os FTR acumulados satisfazerão os *targets*, ainda que possam ocorrer algumas flutuações nestes indicadores ao longo do tempo.

As **auditorias de higiene** realizadas consistiram numa nova metodologia face aos resultados microbiológicos antes deste trabalho. Esta nova metodologia permitiu um elevado contacto no terreno o que fez com que se compreendesse melhor o processo cervejeiro e suas etapas adjacentes, e globalmente trouxe cerca de 31 novas ações que tiveram um impacto global muito positivo nos FTR em estudo e, por conseguinte à cervejeira. Destacam-se as ações que foram mapeadas nos diagramas esforço/benefício e custo/benefício que trouxeram muito benefício com pouco esforço/custo que se focavam essencialmente na formação e sensibilização do pessoal envolvente das áreas.

A **análise de trajetória** foi uma metodologia mais experimental mas também bastante frutífera, a nível biológico. Permitiu, não só identificar e eliminar alguns troços do processo que geravam contaminação (como o caso das tubagens de retrolavagem e de reincorporação de cerveja a frio) mas também poupar dinheiro à cervejeira (como o caso do tratamento da levedura com ácido).

Ainda assim, e descendo ao particular, houve algumas semanas em que o FTR não satisfaz por completo os requisitos da Sociedade Central de Cervejas, o que é algo a evitar no futuro. Tendo em conta que a SCC se rege por uma filosofia de melhoria contínua ainda existe

Melhoria do Indicador Microbiológico da Fermentação e Filtração

um conjunto de sugestões para quem continuar este trabalho no sentido de ainda conseguir alcançar um FTR acumulado ainda superior ao obtido.

Caudais de envio de solução *Cleaning in Place*:

No que diz respeito à CIP dos equipamentos e linhas, as cervejeiras do grupo Heineken regem-se segundo um conjunto de *standards* que dizem respeito a que soluções usar, tempos de contacto, entre outros. Em todas as variáveis que dizem respeito ao *Cleaning & Desinfection* no grupo Heineken verificou-se cumprimento por parte da SCC, não obstante verificou-se que alguns circuitos não cumpriam os requisitos da Heineken no que diz respeito à velocidade da tubagem de envio da solução CIP. Tendo em conta que este exercício só foi efetuado perto do culminar do estágio, não foi possível averiguar se era possível alterar o caudal de envio tendo em conta os standards da Heineken.

Conclusão da Rota de redução de defeitos microbiológicos:

Como foi referido em 4.5.3 não foi possível finalizar a rota dado o tempo de estágio, o nível de conhecimento das áreas exigido (daí que também não tenha sido possível encontrar todas as causas raiz para os desvios microbiológicos na filtração), e a complexidade da mesma. Finalizar a rota significa ter a valência de conseguir prever os erros (neste caso a microbiológico) sem que eles aconteçam e permitirá à SCC manter os ganhos, mas para isso, tal como foi referido, é necessário muito conhecimento empírico e racional das áreas e, sobretudo, tempo.

Otimização de parâmetros CIP:

Como foi referido anteriormente, todos os FTR Micro acumulados estão acima dos objetivos estabelecidos pela SCC e os seus valores estão muito próximos de 100%. Tendo em conta este facto, seria interessante o estudo da otimização de vários parâmetros CIP (por exemplo, tempo de contacto e caudal de agente de limpeza) de modo a gerar poupança para cervejeira, garantindo o mesmo, ou um aumento dos valores acumulados dos FTR Micro.

Referências Bibliográficas

- [1] “História :: Sobre Nós :: Soc. Central Cervejas.” [Online]. Available: <http://www.centralcervejas.pt/pt/sobre-nos/historia.aspx>. [Acedido a: 20-Fev-2019].
- [2] “Marcas & Produtos :: Soc. Central Cervejas.” [Online]. Available: <http://www.centralcervejas.pt/pt/marcas-produtos.aspx>. [Acedido a: 20-Feb-2019].
- [3] “Sagres e SuperBock em destaque nos folhetos : Notícia - Grupo Marktest - Estudos de Mercado, Audiências, Marketing Research, Media.” [Online]. Available: <https://www.marktest.com/wap/a/n/id~2405.aspx>. [Acedido a: 20-Mar-2019].
- [4] D. R. Kiran, "Total Quality Management", 1ª edição, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2016.
- [5] H. M. Eßlinger, "Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets", 1ª edição, Wiley-VCH, Freiberg, 2009.
- [6] Sociedade Central. de Cervejas. e Bebidas. S.A., “Fabrico de malte e cerveja,” *Booklets* SCC, p. 36, 2017.
- [7] C. W. Bamforth, "Brewing Materials and Processes: A Practical Approach to Beer Excellence", 1ª edição Academic Press, Cambridge, MA, 2016.
- [8] D. E. Briggs, "Malts and Malting", 1ª edição, Springer, Berlin, 1998.
- [9] H. J. Peppler, D. Perlman, "Microbial Technology: Fermentation Technology", 2ª edição, Academic Press, Cambridge, MA, 2014.
- [10] F. G. Priest, G. G. Stewart, "Handbook of Brewing", 2ª edição, CRC Press, Boca Raton, FL, 2006.
- [11] A. Vaughan, T. O’Sullivan, and D. Van Sinderen, “Enhancing the microbiological stability of malt and beer - A review,” *J. Inst. Brew.*, volume 111 , pp. 355–371, 2005.
- [12] W. Kunze, H.-J. Manger, "Technology brewing & malting.", 3ª edição, VLB Berlin, Berlin, 2004.
- [13] C. W. Bamforth, "Brewing: New Technologies", 1ª edição, Woodhead Publishing, Cambridge, 2006.
- [14] C. W. Bamforth, "Scientific principles of malting and brewing", 1ª edição, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 2006.
- [15] T. M. Anderson, “Industrial Fermentation Processes,” *Encyclopedia of Microbiology*,

volume 3, pp. 349–361, 2009.

- [16] N. A. Bokulich and C. W. Bamforth, “The Microbiology of Malting and Brewing,” *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, volume 77 pp. 157–172, Jun. 2013.
- [17] D. E. Briggs, P. A. Brooks, R. Stevens, “Beer maturation and treatments”, 1ª edição, Woodhead Publishing, Cambridge, 2004.
- [18] D. L. Sparks, "Advances in agronomy", 1ª edição, Academic Press, Cambridge, MA, 2017.
- [19] Sociedade Central. de Cervejas. e Bebidas. S.A., “Enchimento” *Booklets SCC*, p. 114, 2017.
- [20] S. Kumar, "Textbook of Microbiology", 1ª edição, Jaypee Brothers Medical Publishers, New Delhi, 2012.
- [21] “Atmospheric Requirements for Microbial Growth | Microbiology.” [Online]. Available: <https://courses.lumenlearning.com/suny-mcc-microbiology/chapter/oxygen-requirements-for-microbial-growth/>. [Acedido a: 31-Mai-2019].
- [22] “The Effects of pH on Microbial Growth | Microbiology.” [Online]. Available: <https://courses.lumenlearning.com/suny-mcc-microbiology/chapter/the-effects-of-ph-on-microbial-growth/>. [Acedido a: 1-Jun-2019].
- [23] “Temperature and Microbial Growth | Microbiology.” [Online]. Available: <https://courses.lumenlearning.com/suny-mcc-microbiology/chapter/temperature-and-microbial-growth/>. [Acedido a: 2-Jun-2019].
- [24] D. Y. C. Fung, “Food Spoilage, Preservation and Quality Control,” in *Encyclopedia of Microbiology*, volume 1, pp. 54–79, 2009..
- [25] A. Corsetti, S. Valmorri, “Lactic Acid Bacteria: Lactobacillus spp.: Other Species,” in *Encyclopedia of Dairy Sciences*, volume 1, pp 111-118, 2011.
- [26] K. Suzuki, “Gram-positive spoilage bacteria in brewing,” in *Brewing Microbiology: Managing Microbes, Ensuring Quality and Valorising Waste*, volume 1, pp. 141–173, 2015.
- [27] M. Raccach, “Pediococcus,” in *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition*, volume 3, pp-1-6, 2014.
- [28] A. D. Paradh, “Gram-negative spoilage bacteria in brewing,” in *Brewing Microbiology: Managing Microbes, Ensuring Quality and Valorising Waste*, volume 1, pp. 175–194.2015.
- [29] A. A. Salyers, N. B. Shoemaker, “Gram-Negative Opportunistic Anaerobes: Friends and Foes,” *Encyclopedia of Microbiology*, volume 1, pp. 145–152, 2009.
- [30] I. Campbell, “Microbiological aspects of brewing,” in *Brewing Microbiology*, volume 1 , pp.

1–17, 2003,.

- [31] Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Food quality and safety systems : a training manual on food hygiene and the hazard analysis and critical control point (HACCP) system.", Publishing Management Group, 1st ed, FAO Information Division, Rome, 1998.
- [32] "HACCP." [Online]. Available: <http://www.asae.gov.pt/pagina.aspx?back=1&codigono=54105579AAAAAAAAAAAAAA> AA. [Acedido a: 21 Jun-2019].
- [33] "O Total Productive Management - TPM - Portal Gestão." [Online]. Available: <https://www.portal-gestao.com/artigos/6022-o-total-productive-management-tpm.html>. [Acedido a: 21-Jun-2019].
- [34] "What is KAIZEN™." [Online]. Available: <https://www.kaizen.com/what-is-kaizen.html>. [Acedido a: 10-Ago-2019].
- [35] A. Kumiega, B. Van Vliet, *Quality Money Management*. Academic Press, 1ª edição, Cambridge, MA, 2008.
- [36] M. Varisco, C. Johnsson, J. Mevik, M. M. Schiraldi, and L. Zhu, "KPIs for Manufacturing Operations Management: driving the ISO22400 standard towards practical applicability," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 11, pp. 7–12, 2018.
- [37] J. C. Wood, M. C. Wood, "W. Edwards Deming : critical evaluations in business and management.", 1ª edição, Routledge, Abingdon, 2004.
- [38] D. C. Montgomery, "Introduction to Statistical quality control", 6ª edição, Wiley, Hoboken, NJ, 2009.
- [39] J. Requeijo and Z. Lopes Pereira, "Qualidade: Planeamento e controlo estatístico", 1ª edição, Editora Prefácio, Lisboa, 2008.
- [40] O. Serrat, "Knowledge Solutions", 1ª edição, Springer, Berlin, 2017.
- [41] R. Ryther, "Food Technologies: Cleaning and Disinfection Technologies (Clean-In-Place, Clean-Out-of-Place)," in *Encyclopedia of Food Safety*, volume 3, pp. 149–155, 2013.
- [42] M. Moo-young, "Comprehensive Biotechnology", 2ª edição, Pergamon, Oxford, 2011.

Anexos

Anexo I – Tabela com os valores do limite de especificação microbiológico

A tabela seguinte diz respeito aos valores dos limites de especificação de microrganismos contaminantes para cada fluido alvo de amostragem aquando desta dissertação.

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo II – Boletins de registo de resultados

Folhas onde se registam os resultados do controlo diário e do extra-rotina

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo III – FTR Enchimento de 2018 e 2019

Gráficos alusivos ao FTR do Enchimento de 2018 e 2019 para melhor compreensão do FTR Microbiológico global, que como foi referido anteriormente, deriva (não só, mas também) do FTR do Enchimento

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo IV – *Checklist* utilizada nas auditorias de higiene

Checklist sugerida pela Heineken *Hygiene Support* como guia das auditorias de higiene

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo V – Análise de Trajetória da Filtração

Exemplo de uma análise de trajetória da filtração

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo VI – Scores de todos os itens das auditorias de higiene

Aqui podem-se verificar quais foram os *scores* atribuídos a cada item de cada etapa do processo cervejeiro. Estes valores foram usados para construir a matriz de verificações em 4.2. e 4.4. .

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo VII – Análises 5 Porquês

Aqui podem-se encontrar todas as análises 5 porquês ao detalhe que auxiliaram na atribuição dos 5M e na, consequente, construção das matrizes QA.~

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo VIII – Especificações da Cerveja

Conjunto de parâmetros físico-químicos da cerveja em que foi baseado a análise de trajetória extra-rotina da Cerveja B.

ANEXO CONFIDENCIAL

Anexo IX – Folhas de registo trimestrais FTR Micro Fermentação e Filtração

Neste anexo, podem se encontrar as folhas trimestrais que os operadores preenchiam com base no resultado microbiológico semanal, e onde os mesmos registavam não só o resultado do FTR mas também as acções implementadas em cada semana.

ANEXO CONFIDENCIAL